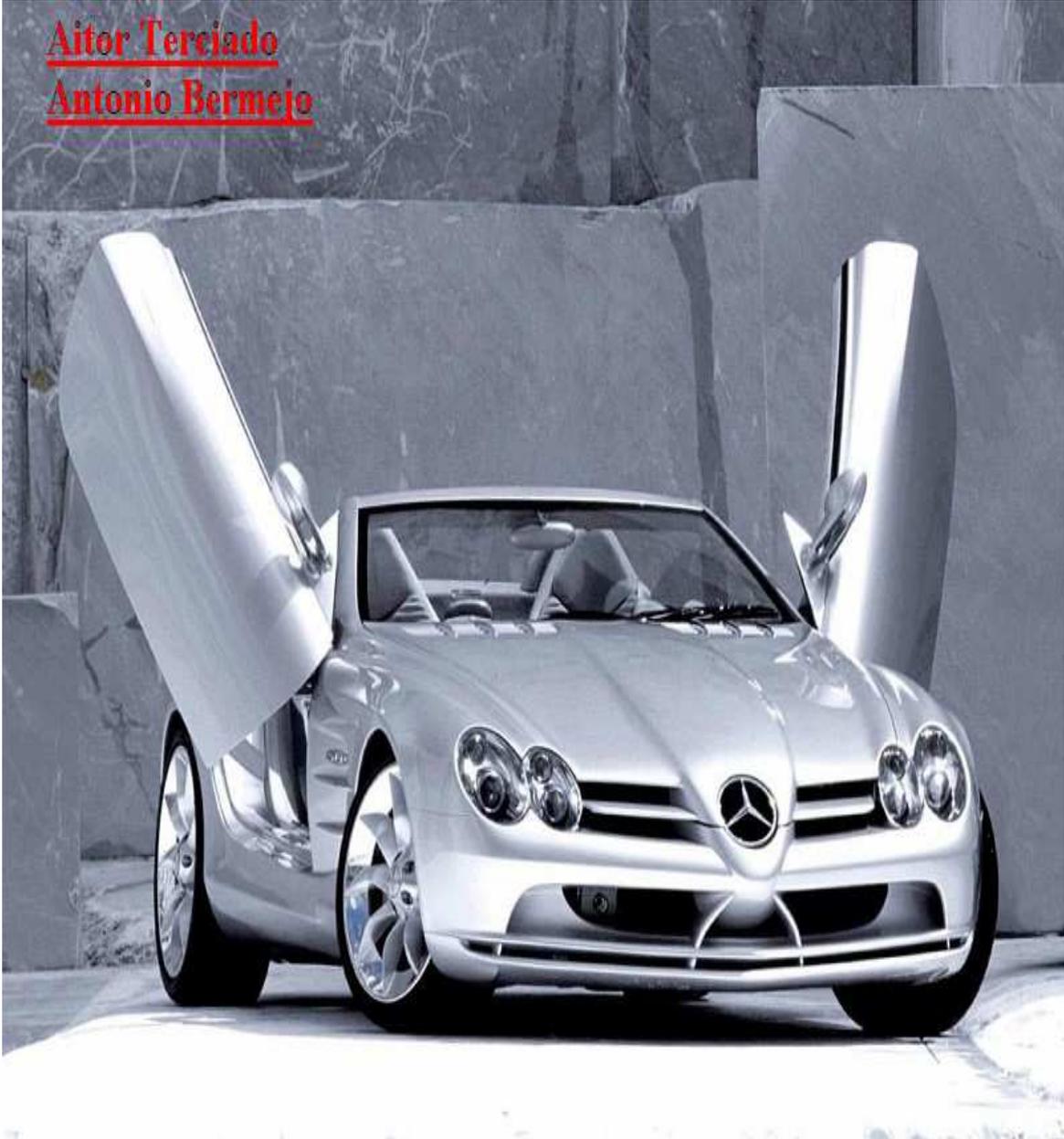


SISTEMAS Y MÉTODOS DE UNIÓN EN CARROCERÍAS DE ALUMINIO

Aitor Terciado
Antonio Bermejo



“EQUIPO A” DE CARROCERÍA DEL GES. ENRIQUE TIERNO GALVÁN (MADRID)

ALUMNOS PARTICIPANTES: AITOR TERCIADO PUERTA

JOSE ANTONIO BERMEJO COLEJO

TUTOR:

JOSE LUIS BENÍTEZ NAVARRO

INDICE	PAGINA
1. INTRODUCCION.....	3
2. CARACTERISTICAS DEL ALUMINIO.....	4
3. CORROSION GALVÁNICA.....	8
4. AREA DE TRABAJO DE ALUMINIO.....	9
5. <u>UNIONES AMOVIBLES</u> : UNIONES ATORNILLADAS Y UNIONES MEDIANTE GRAPAS.....	10
6. <u>UNIONES FIJAS</u> : UNIONES ENGATILLADAS Y CLINCHADAS.....	11
7. UNIONES SOLDADAS.....	12
7.1. SOLDADURA MIG.....	14
7.2. SOLDADURA TIG Y OXIACETILÉNICA.....	19
7.3. SOLDADURA ELÉCTRICA POR PUNTOS DE RESISTENCIA.....	21
7.4. SOLDADURA LASER.....	22
8. UNIONES REMACHADAS.....	23
9. UNIONES PEGADAS Y COMBINADAS.....	26
9.1 UNIONES PEGADAS Y REMACHADAS.....	28
9.2 UNIONES PEGADAS Y ATORNILLADAS.....	28
9.3 UNIONES PEGADAS Y SOLDADAS.....	28
10. <u>UNIONES ARTICULADAS</u> : UNIONES MEDIANTE PASADORES.....	29
11. PROCESO OPERATIVO DE SUSTITUCION DE UNA ALETA TRASERA.....	29
12. ELEMENTOS DE PROTECCION DE RIESGOS LABORALES.....	29

1. INTRODUCCION

Uno de los primeros diseños que usaba una estructura totalmente de aluminio fue construido por una compañía de Noruega llamada Bjerring. Solamente llegaron a fabricar cuatro prototipos. Este proyecto no se pudo llevar a cabo por la falta de recursos y tecnología (estamos hablando de los años 30). El primer automóvil fabricado usando una carrocería y estructura íntegramente de aluminio fue el Panhard Dyna, un prototipo realizado en Francia en 1954. Durante los años siguientes, surgieron nuevos modelos



como el A.C.Ace y el Cobra que combinaban una estructura espacial de acero con una carrocería formada por piezas de aluminio remachada sobre dicha estructura, usando un proceso denominado

Súper-Ligero que había sido ya patentado. En el año 1999 se presentó en el salón de



Frankfurt una serie de vehículos de aluminio, como es el caso del Audi A8 realizado con la tecnología Space-Frame, y más tarde se aplicó al Audi A2. Esta nueva

Estructura de aluminio del Audi A8

tecnología también esta siendo usada por

Mercedes (SLR), BMW (Z8) y Fiat (Multipla). Los fabricantes de automóviles están realizando numerosos esfuerzos para reducir el peso de sus automóviles y para ello recurren a la utilización del aluminio. Pero para estos fabricantes, no solo es importante la reducción de peso para reducir las emisiones de gases por necesitar menos gasolina, sino para satisfacer la demanda de los clientes, como es el caso de las camionetas (EEUU) o todoterrenos (Europa) los cuales son vehículos muy pesados. De esta forma en los últimos años la propia evolución del automóvil así como el aumento de la competencia entre los diferentes fabricantes, ha puesto una incorporación sucesiva de

SISTEMAS Y MÉTODOS DE UNIÓN EN CARROCERÍAS DE ALUMINIO

nuevos sistemas, elementos y accesorios, destinados a alcanzar cada vez mayores prestaciones, confort y seguridad. En el que las nuevas carrocerías de aluminio se usan cada vez más y se han empezado a usar en coches de serie por un precio asequible



Estructura de aluminio del Ferrari F360

(Audi A2). Otros ejemplos son: Honda NSX, Audi A8, Ferrari F360, BMW Z8... Todos estos modelos, aunque disponen de una tecnología superior, se

basan en el modelo descrito anteriormente, es el caso del Aston Martín V8, que usa una carrocería formada por paneles de aluminio unidos a una estructura de acero. El aluminio, el material de mayor presencia en nuestro planeta, no es un metal nuevo en la fabricación de automóviles. Cuando se mezcla el aluminio con pequeñas cantidades de magnesio, cobre o silicio, este se convierte en un material tan fuerte como ligero. Estas cualidades hacen que en la actualidad el aluminio sea un material mas completo que los anteriores materiales utilizados para carrocerías (hierro y acero).

2. CARACTERÍSTICAS DEL ALUMINIO

Características generales del aluminio: Aceptable capacidad para ser fundido, excelente capacidad para disipar el calor.(3'5 veces superior al acero), facilidad de reciclado, no cambia de color con la temperatura y capacidad para reaccionar con el oxígeno y formar alumina.

Principales propiedades y su influencia en los procesos de soldeo

Conductividad térmica, el aluminio presenta una excelente conductividad térmica, cuatro veces superior a la del acero, lo que provoca que las cantidades de energía a aportar en la soldadura sean mayores que en el acero.

Resistencia eléctricas es unas cinco veces inferior a la del acero, debiéndose alcanzar intensidades muy altas (del orden de 25.000A). Por ello el ensamblaje no es una técnica apropiada para ejecutar en el taller de reparación.

SISTEMAS Y MÉTODOS DE UNIÓN EN CARROCERÍAS DE ALUMINIO

Resistencia, la menor resistencia del aluminio hace que la aplicación de esfuerzos sobre este sea mas delicada que sobre el acero. Si la aplicación de esfuerzos no es controlada se puede provocar mayores deformaciones que las que se permita corregir.

Elasticidad del aluminio es menor que la del acero, lo que hace que el aluminio tenga una menor tendencia a recuperar su forma cuando cesa la fuerza que causa la deformación. Cualquier exceso en la aplicación de esfuerzos dará origen a una deformación difícil de recuperar.

Dureza es menor que la del acero, así que al usar técnicas convencionales de reparación, se puedan producir daños y marcas superficiales con facilidad.

VENTAJAS DEL ALUMINIO

Entre las ventajas que aporta el aluminio para la fabricación de carrocerías destacan:

- ∞ Su peso específico es aproximadamente la tercera parte del acero.
- ∞ El óxido de aluminio forma una fina capa, que se renueva periódicamente evitando la degradación del metal.
- ∞ La aleación del aluminio se recicla fácilmente.
- ∞ Posee valores de rigidez favorables.
- ∞ Buena conformabilidad
- ∞ Adecuado para unirlos mediante soldadura MIG (Metal Inerte Gas)
- ∞ Gran capacidad de absorción de energía.

El aluminio, en su manipulación, precisa de un tratamiento adecuado a sus características, a fin de evitar cualquier deterioro del mismo. Las características y propiedades del aluminio y sus aleaciones van a condicionar, lógicamente el comportamiento de estos materiales frente a los diferentes tratamientos a aplicar en el taller y, muy en particular, en los procesos de soldadura y reparación.

SISTEMAS Y MÉTODOS DE UNIÓN EN CARROCERÍAS DE ALUMINIO

No solo tiene ventajas hacia los factores relacionados con el propio vehículo, sino también hacia otros campos indirectamente relacionados con el automóvil, como puede ser el medio ambiente o el ahorro de energía, esto hace necesario el uso de nuevos materiales, con nuevas características como puede ser la capacidad para su reciclado o el ahorro de peso en la estructura del vehículo.

Es el aluminio el material que en este sentido se impone en mayor medida.

INCONVENIENTES

- ∞ El elevado coste. Una tonelada de aluminio cuesta aproximadamente 1500 dólares, unas tres veces más que una tonelada de acero. Esto además de añadir un importante plus en el precio final del coche, afectaría a las reparaciones que se efectuarían a lo largo de la existencia del coche, ya que requiere de costosas técnicas de soldadura y manipulación.
- ∞ Dificultad de trabajar con el aluminio.. Por esta razón, no puede ser prensado ni manejado con la misma facilidad que el acero. Además es bastante difícil soldar piezas de aluminio.
- ∞ El Aluminio no cambia de color al calentarlo, siendo necesario indicadores termocromáticos para verificar la temperatura en operaciones de batido y estiraje, siendo necesario atemperarlo a una temperatura concreta, de no hacerlo en estiraje se puede rajarse, algunas marcas como AUDI no permiten dicha operación.

Soluciones que se plantean a estos inconvenientes.

- ∞ Nuevos sistemas de automatización y soldadura: Aproximadamente cuatro quintos del ensamblaje y soldadura de la carrocería está actualmente automatizada por potentes computadoras, resultando unas tolerancias de

fabricación muy ajustadas. Además, con las nuevas tecnologías de soldadura que se están usando, la deformación se ha reducido considerablemente.

∞ Economía de escala por medio de la tecnología Space-Frame (estructura espacial). Esta tecnología resulta ser competitiva con cantidades aproximadas de fabricación de 50.000 automóviles al año. Si tenemos en cuenta que, para que salga rentable la realización de un automóvil con carrocería de acero, es necesaria una fabricación anual comprendida entre 200.000 y 500.000 unidades, vemos que la utilización de aluminio es más conveniente que la del acero.

Con el fin de mejorar las características del aluminio se unirá con otros metales formando aleaciones

PRINCIPALES ALEACIONES DE ALUMINIO.

ALEACIONES NO BONIFICABLES.

No son tratables térmicamente como consecuencia de su reducido intervalo de solidificación. SUELDAN BIEN. Existen tres grupos:

- **Aluminio puro.** Se obtiene por refinado, con purezas entre el 99 y el 99,9%. El resto son impurezas de Fe, Si, Cu y Zn. Sus propiedades mecánicas son inversamente proporcionales al grado de pureza. Tienen gran poder reflectante y muy buena resistencia ante la corrosión.

Aplicaciones: reflectores de elementos de iluminación, anodizados de lujo, conductores eléctricos, recipientes para productos químicos, botes de bebidas, etc.

- **Aleaciones Al-Mn.** Presentan gran conformabilidad y resistencia a la corrosión. La adición de manganeso aumenta las propiedades mecánicas sin afectar a la estabilidad química. Debe de ser menor al 1,5%. Se emplea en piezas extruidas o laminadas que no requieran de alta resistencia mecánica, como: embellecedores para la industria del automóvil, tubos de riego, antenas de televisión, etc.

SISTEMAS Y MÉTODOS DE UNIÓN EN CARROCERÍAS DE ALUMINIO

- **Aleaciones Al-Mg.** Destacan por su buena resistencia a la corrosión, superior que la del aluminio puro en ambiente marino. Tienen buena resistencia mecánica, conformabilidad y aptitud para el anodizado.

Aplicaciones en el automóvil: tubos para radiadores, parábolas para faros y luminarias,

refuerzos de carrocería no visibles, a los cuales se les exige una capacidad de deformación buena a causa de su complicada forma, añadiendo solo 0.5% de magnesio se utiliza en la fabricación de paneles exteriores de carrocería.

ALEACIONES BONIFICABLES

Son tratables térmicamente, alcanzando su máxima resistencia por un tratamiento de puesta en solución, temple y precipitación. SUELDAN MAL

- **Aleaciones Al-Si-Mg. SON LAS UNICAS BONIFICABLES QUE SUELDAN BIEN. Se tratan térmicamente y son las que utiliza AUDI**

Los fabricantes de automóviles suelen utilizar aleaciones de Aluminio/Silicio en paneles exteriores y Aluminio/Magnesio en capós

- **Aleaciones Al-Cu, Al-Cu-Mg.**

Su principal característica es el aumento de la resistencia mecánica, que se consigue por endurecimiento térmico. Su principal aplicación en el automóvil es en culatas y émbolos de motores de altas prestaciones.

3. CORROSIÓN GALVÁNICA

2 metales con diferente potencial REDOX si entran en contacto uno sería ánodo y el otro cátodo propiciando a modo de pila un medio propicio para propagar la oxidación y posible corrosión

PARA EVITAR DICHA CORROSIÓN REALIZAREMOS LAS SIGUIENTES RECOMENDACIONES:

SISTEMAS Y MÉTODOS DE UNIÓN EN CARROCERÍAS DE ALUMINIO

- ∞ EN UNIONES ATORNILLADAS DE ELEMENTOS AMOVIBLES SERÁ IMPERATIVO LA SUSTITUCIÓN DE LOS TORNILLOS (SON ESPECIALES DE ACERO CON UN TRATAMIENTO)
- ∞ SE UTILIZARÁN ADHESIVOS DE BAJA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA
- ∞ NO SE REALIZARÁ SOLDADURA BLANDA DE ESTAÑO
- ∞ EL PUESTO DE TRABAJO ESTARÁ AISLADO RESPECTO AL DE VEHÍCULOS DE ACERO, PARA OPERACIONES DE DESBASTE, SOLDADURA Y LIJADO, CON ASPIRACIÓN DE POLVO INDEPENDIENTE
- ∞ SE UTILIZARÁN HERRAMIENTAS EXCLUSIVAS PARA ALUMINIO
- ∞ MASILLAS, REMACHES SON ESPECIALES PARA DICHO MENESTER

4. AREA DE TRABAJO DE ALUMINIO.

La necesidad de evitar el contacto del aluminio con otros metales da origen al puesto de trabajo independiente del resto de áreas del taller, para evitar así el proceso de corrosión galvánica. Es preciso mantener estrictamente separadas las áreas de reparación, y herramientas utilizadas para la reparación del aluminio, deben ser usadas solo para el proceso de reparación y nunca alternadas con operaciones en acero.

Las herramientas destinadas a la reparación del aluminio irán pintadas en rojo.

Las razones fundamentales son dos:

- ∞ Con la extracción de los polvillos de lijado se evitan efectos de corrosión de contacto.

SISTEMAS Y MÉTODOS DE UNIÓN EN CARROCERÍAS DE ALUMINIO

- ∞ La extracción de gases impide la formación de concentraciones de polvillos incendiables, que puedan dar origen a reacciones exotérmicas y a la consiguiente explosión del sistema extractor.

Los extractores de gases se diferenciarán, el gris para el aluminio y el azul para el acero. Las operaciones de corte y desgrapado son producto de las características del aluminio. Los trabajos de corte, únicamente podrán ser llevados a cabo mediante sierra o tijeras de chapista (usando en las tijeras un dentado mas basto que en el acero).

Las operaciones de desgrapado se puede decir que quedan limitadas a tres:

- ∞ Desbastado de cordones MIG. (En partes vistas, en ocultas es preferible no desbastar, aumentando la resistencia de la unión)
- ∞ Eliminación de los remaches y clinchado.
- ∞ Eliminación de soldadura láser.

5. UNIONES AMOVIBLES: UNIONES ATORNILLADAS Y UNIONES MEDIANTE GRAPAS

UNIONES ATORNILLADAS

Por posibles problemas de corrosión por contacto, se montan tornillos con un recubrimiento especial en el acero de cinc y níquel, que tras las operaciones de desmontaje debemos sustituir; como observación hasta el tornillo de la antena debe de ir recubierto

UNIONES MEDIANTE GRAPAS

Igualmente para evitar la corrosión por contacto se montarán grapas, gomas, adhesivos y plásticos de recubrimiento con resistencia al paso de corriente (aisladas).

El uso de los tornillos y grapas adecuados a cada unión resulta fundamental a la hora de efectuar una reparación con ciertas garantías, ya que una mala elección dará origen a una unión que puede ser causante de la corrosión por contacto.

6. UNIONES FIJAS: UNIONES ENGATILLADAS Y CLINCHADAS

UNIONES ENGATILLADAS

Son uniones típicas de los pases de rueda de las aletas traseras. Las chapas en la fabricación de carrocerías de aluminio son sometidas a tratamientos para de esta forma dar al aluminio la rigidez y resistencia necesaria.

Hay que proceder de una forma especial, para evitar la rotura del material:

- ∞ El aluminio es un material que tiende a agrietarse al ser sometido a esfuerzos mecánicos importantes, es por lo tanto ***necesario atemperar*** la pestaña a engatillar. El atemperamiento se debe realizar con un elevado control de la temperatura procurando no sobrepasar los 170° - 180° con la ayuda del soplete de fontanero o el soplete de aire caliente, se ha venido haciendo antiguamente, en la actualidad se realiza con equipos específicos que alcanzan la temperatura rápidamente, protegiendo las zonas colindantes del efecto de la llama, para saber si estamos dentro de la temperatura adecuada utilizaremos:

INDICADORES TERMOCROMÁTICOS

1. Lapiceros termoindicadores, se realizan marcas en la zona a calentar que cambian de aspecto al alcanzar la temperatura
2. Indicadores térmicos adhesivos, son colocados en zonas colindantes alrededor de unos 10 cms. Variando su color de forma progresiva en función de la temperatura.
3. Termómetros de proximidad, todavía poco utilizados en los talleres

DEBEMOS RECORDAR QUE EL ALUMINIO NO CAMBIA DE COLOR CON LA TEMPERATURA A DIFERENCIA DEL ACERO, LO QUE MUESTRA UN NUEVO INCONVENIENTE A LA HORA DE TRABAJAR. Si no operamos realizando el atemperado y el control de la temperatura del aluminio se podrá producir alteraciones en la estructura del aluminio.

SISTEMAS Y MÉTODOS DE UNIÓN EN CARROCERÍAS DE ALUMINIO

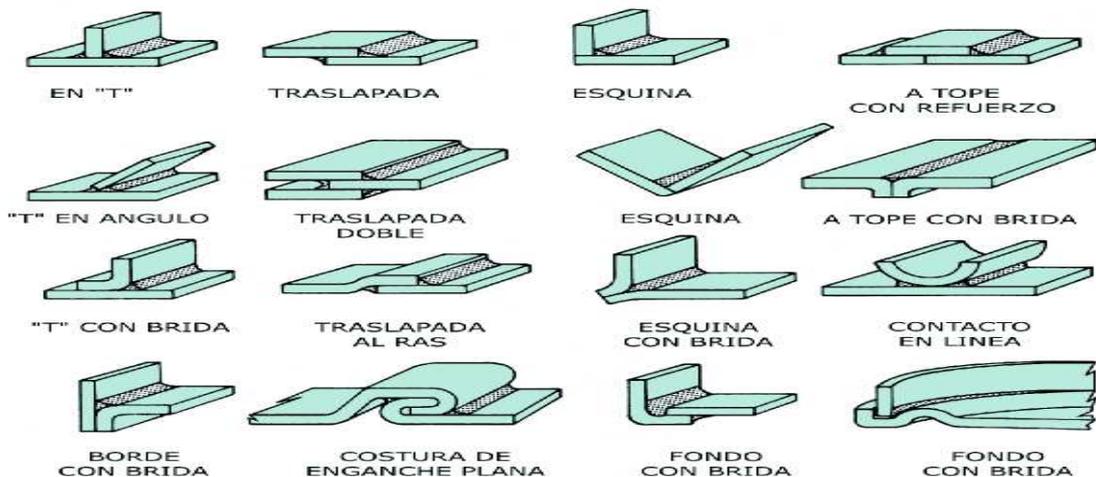
- Se dobla la pestaña con ayuda de las pinzas para plegar, contenidas en el conjunto de útiles del puesto de aluminio
- El radio de giro estará en torno a los 2'5mm, conformando la pestaña finalmente con la ayuda del tas y del martillo (*dichas herramientas son específicas para aluminio*). Es fundamental mantener un radio de plegado no muy escaso, pues si este fuera inferior a esos 2'5mm se correría el riesgo de la rotura o agrietamiento de la pestaña.
- Finalmente se pega la pestaña, siguiendo las indicaciones para la aplicación del adhesivo estructural.

UNIONES CLINCHADAS

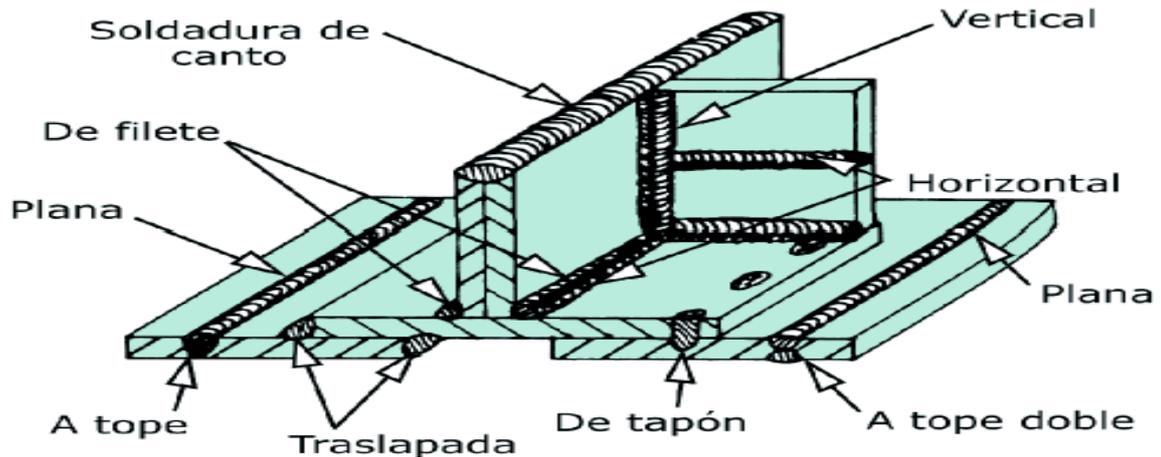
Son uniones de dos chapas por un embutido parcial, se realiza normalmente en capós, siendo un método limpio, rápido y económico. No se puede realizar dicha unión en el taller tras una reparación por imposibilidad a la hora de reproducirla, por lo que se optara por la unión remachada con remaches ciegos.

7. UNIONES SOLDADAS

A continuación se exponen unas imágenes de los diferentes tipos de uniones, muchos de ellos utilizados en uniones soldadas y otros en el resto de uniones



SISTEMAS Y MÉTODOS DE UNIÓN EN CARROCERÍAS DE ALUMINIO



PREPARACIÓN DE LAS PIEZAS A SOLDAR

- ∞ Se desconectará la batería inclusive se conectará aparatos de protección eléctrica frente a elementos electrónicos del automóvil
- ∞ Se dispondrá de manta ignífuga para tapar aquellos elementos que se puedan dañar evitando quemaduras y riesgos en el trabajo.
- ∞ Al igual que las uniones con acero u otros materiales, se requiere antes del soldado una limpieza de posibles grasas y de un cepillado que en el caso del aluminio se realizará con cepillo de acero inoxidable para eliminar la capa de óxido de aluminio (alumina) en una zona algo superior a la zona de la unión de aproximadamente 40mm. a cada lado de la unión, se sujetarán las piezas con mordazas, punteando ambas chapas y tras su correcto posicionamiento se retiran las mordazas y se completa el cordón.
- ∞ Dejar una ligera separación en las uniones a tope, debido que tras la soldadura dilata el aluminio y si no hemos previsto dicha separación monta y agrieta el cordón.
- ∞ Se comprobarán con líquido penetrante los cordones de soldadura tras un siniestro para ver porosidades.

☞ Debemos de tener presente que el aluminio no se utiliza puro en el automóvil, para mejorar sus características mecánicas y térmicas, siendo normal las aleaciones que sueldan peor que el aluminio puro. El material de aportación debe ser de la misma composición o al menos llevar 2 de los materiales de la aleación del metal base, para ser una soldadura homogénea.

7.1 SOLDADURA MIG

Las Soldaduras MIG (metal inert gas) METAL GAS INERTE es un procedimiento de soldadura de arco eléctrico con corriente continua, donde el arco se establece entre el



electrodo de hilo continuo y la pieza a soldar, de forma que la pieza se conecta al polo negativo (masa) y el electrodo al positivo (polaridad inversa). La ventaja de dicha polaridad estriba en el efecto decapante, que produce la eliminación de la capa de alumina que no obstante se ha eliminado con el cepillado con cepillo de acero inoxidable,

beneficiando la ejecución de la soldadura, debido a que la alumina funde a 1100°C y el aluminio a 650°C; en dicha polaridad la circulación de los electrones van desde la pieza hacia el alambre electrodo, produciendo un calentamiento del mismo que beneficia a la fusión del metal de aportación a la vez que levanta el posible resto de alumina. La soldadura Mig es la más utilizada en reparación de aluminio, requiere como gas protector una botella de Argón o Helio(gases nobles), obligatorios en soldaduras de materiales resistentes a la corrosión y especialmente los que son buenos conductores (como es el caso del aluminio), estos gases nobles no se combinan químicamente con la soldadura, evitando por lo tanto reacciones químicas, además protegen el lecho de fusión contra entradas de aire y de la posible oxidación del cordón por la presencia del oxígeno dentro del lecho de fusión. **EN EL MÉTODO MIG SE DEBERÁ REALIZAR**

SISTEMAS Y MÉTODOS DE UNIÓN EN CARROCERÍAS DE ALUMINIO

CORDONES DE UN MAXIMO DE 15 cms. REALIZANDO EL SIGUIENTE EN OTRA ZONA NO CONTIGUA Y ALTERNANDO HASTA COMPLETAR LA TOTALIDAD, PARA EVITAR DEFORMACIONES Y AGUJERO EN LA PIEZA A SOLDAR.

- ☞ El gas es inerte es el medio conductor del metal de aportación al base sin tocar el hilo la chapa cuando se produce la ionización.
- ☞ Las bobinas se montarán preferentemente en disposición horizontal, siendo muy pequeñas y con poco peso (1,5 a 2 Kg), para evitar que la inercia del cable en el giro conforme se desgasta el carrete produzca posibles atascos.
- ☞ Algunos equipos llevan el carrete en la propia antorcha, siendo este de muy reducidas dimensiones.

No se deberá soldar en zonas de largueros y travesaños que tengan previsto en su estructura la zona de deformación programada.



Los parámetros más corrientes de control son: velocidad de hilo, tensión y tiempo de soldadura y parada (algunos equipos) en equipos convencionales

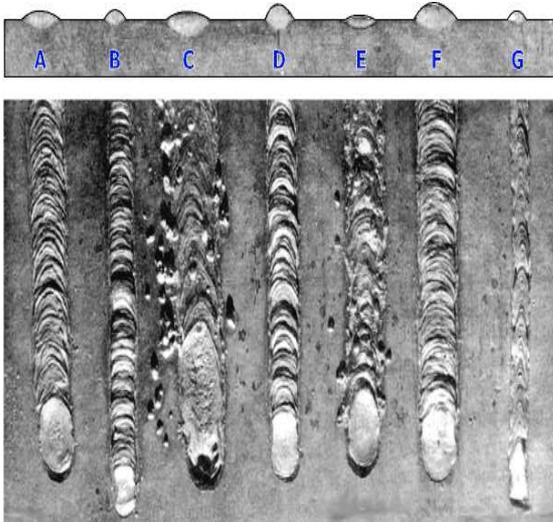
Realizar doble clic en el icono del altavoz para oír comentario



Archivo de sonido

SISTEMAS Y MÉTODOS DE UNIÓN EN CARROCERÍAS DE ALUMINIO

En la fotografía se pueden observar varias pruebas de soldadura realizadas con distintas corrientes y velocidades de avance. En ella, podemos clasificar a las soldaduras de la siguiente manera, a saber:



- A. Costura correcta con amperaje y velocidad adecuados.
- B. Costura aceptable con amperaje muy bajo.
- C. Costura deficiente por amperaje muy elevado.
- D. Costura aceptable con amperaje muy bajo, ocasionando demasiado aporte metálico.
- E. Costura deficiente con corriente inadecuada.
- F. Costura correcta con muy poca velocidad de avance. Observar que la costura está muy ancha y muy alta.
- G. Costura deficiente con corriente adecuada pero con velocidad de avance muy elevada.

TIPOS DE MAQUINAS CON AVANCE TECNOLÓGICO

ARCO PULSADO: COMBINA EL MÉTODO SPRAY Y CORTOCIRCUITO CON TODAS SUS VENTAJAS, de la transferencia por cortocircuito (soldar chapas de poco espesor sin deformación) y de la de spray (buena penetración del cordón de soldadura). El ruido característico de este sistema es el de una ametralladora. SON IDEALES PARA ALUMINIO. Su cometido es mantener una corriente constante durante todo el proceso, calentando previamente el alambre electrodo antes de salir por el tubo de contacto, aplicando un impulso de mayor intensidad cada cierto intervalo de tiempo (cada 2 mseg. aproximadamente), dichos impulsos se pueden ajustar tanto en tiempo como en potencia, produciendo pocas proyecciones y reduciendo el calor aplicado a la pieza.

TRANSFORMADOR INVERTER: La regulación de potencia de la máquina de realiza con sistema electrónico (circuitos inversores), dando como resultado máquinas con mayor exactitud en la regulación de los parámetros, menor consumo de energía y un tamaño y peso menores.

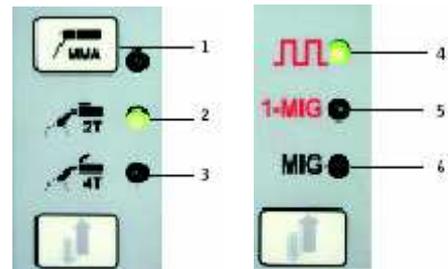
SISTEMAS Y MÉTODOS DE UNIÓN EN CARROCERÍAS DE ALUMINIO

SINERGICA: En función del material a soldar, del diámetro del electrodo, espesor de las chapas a unir y el gas utilizado, el equipo establece unos parámetros adecuados para realizar una soldadura correcta. Existen máquinas como la *KEMPPI PRO EVOLUTION* que puede desarrollar indistintamente: soldadura de electrodo revestido (MMA), MIG/MAG convencional, MIG/MAG arco pulsado y TIG en corriente continua, dispone de sistema de arco sinérgico disponiendo del software con diferentes programas establecidos según velocidad, diámetro de hilo y gas de protección.



MAQUINA DE SOLDADURA KEMPPI PRO EVOLUTION

1. Soldadura con electrodo revestido
2. Mig 2 secuencias (pulsar iniciar y soltar al final)
3. Mig 4 secuencias (pulsar- soltar inicio y lo mismo para el final)
4. Mig pulsada sinérgica(sin proyecciones y corriente controlada)
5. Mig sinérgica se cambian los parámetros según velocidad de hilo
6. Mig/Mag manual



El sistema de arrastre de rodillos requiere una disposición de **4 rodillos (como los de**



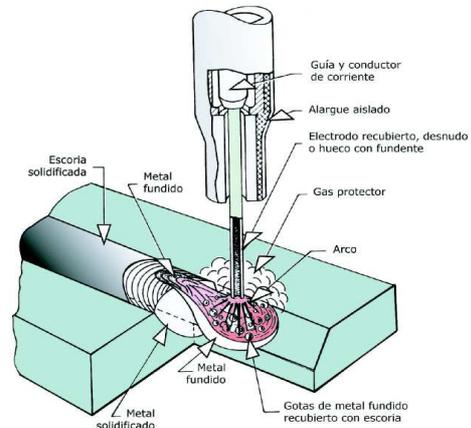
la foto) de empuje en la máquina permitiendo un tensado más meticuloso que con los 2 tradicionales o bien 2 rodillos de empuje y 2 de tiro en la propia pistola (**sistema Push-Pull**), tiene como ventaja que el hilo esta bien tenso, sin posibles arrugas al estar

empujado desde la zona del motor de arrastre y tirando desde la propia antorcha, además es necesario unos rodillos con acanaladuras en forma de U y la presión de los rodillos se deberá de disminuir, siendo tal que no patine, permitiendo el arrastre y evitando aplastar el alambre de aluminio. Las mangueras serán de corta distancia (2 a 4 metros) para facilitar una rápida salida del alambre-electrodo, y se deberá disminuir el

SISTEMAS Y MÉTODOS DE UNIÓN EN CARROCERÍAS DE ALUMINIO

frenado del carrete, siendo estos de entre 1 y 2 Kgs de esta manera existirá menor inercia. Se recomiendan camisas de nylon, teflón grafito o fibra de carbono, **el diámetro de la boquilla o tubo de contacto será 2 décimas de milímetro mayor que el diámetro del hilo**. No se debe de utilizar sprays

pulverizables en la tobera, como si se utiliza en el método Mag sobre soldadura de acero, teniendo presente que las proyecciones adheridas en la tobera habrá que desprenderlas con el útil adecuado que raspa en interior de esta o bien

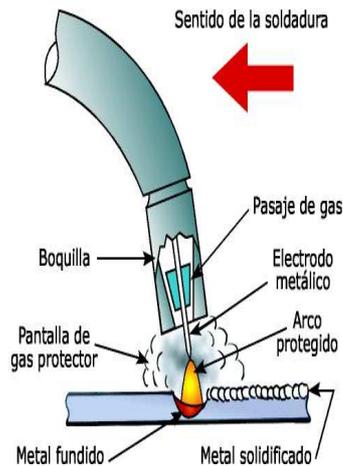


raspando con cualquier otro utensilio, evitando que la tobera se tapone y haga disminuir el caudal de gas, formando poros en los cordones por ausencia de protección, igualmente no se debe de soldar en corrientes de aire o con puertas abiertas que provoquen dichas corrientes ya que el gas no se proyectará sobre la pieza ocasionando el mismo defecto. Se recomienda en algunas ocasiones no desbastar los cordones de soldaduras en partes no vistas para fortalecer la unión.

Se puede transformar una máquina con soldadura con gas activo MAG a una con soldadura con gas inerte MIG necesaria para aluminio como se ha visto anteriormente, pero es aconsejable disponer de máquinas específicas para tal fin.

El material de aportación será de la misma composición que el material base a soldar, se suele utilizar un hilo constituido por aluminio y al menos uno de los componentes de la aleación de la pieza a soldar, por ejemplo para soldar una pieza de carrocería fabricada de aleación de aluminio, silicio y magnesio, bastará con aportar hilo de aluminio y silicio, normalmente suele llevar un 12% de silicio en uniones de nudos de fundición y en paneles exteriores; en capós suele utilizarse hilo de aleación aluminio y magnesio. El caudal del gas será de diez veces el diámetro de la boquilla de contacto,

SISTEMAS Y MÉTODOS DE UNIÓN EN CARROCERÍAS DE ALUMINIO



normalmente se suele utilizar en carrocería de vehículos alambre-electrodo de 1 mm. de diámetro, que le corresponde una boquilla de 1,2 mm. para evitar posibles atranques y finalmente le corresponde 12 litros/minuto de caudal de gas. El **sentido de la soldadura** será preferentemente *de derecha a izquierda (soldadura de arrastre)*, de forma que el metal de aportación se dirige a la zona no fundida, siendo la indicada en chapas finas, produciendo menor deformación en las chapas por el menor calor aportado, la velocidad de soldadura debe ser elevada por la rapidez con que se funde el material de aportación, requiere gran experiencia referente al manejo de la técnica de soldadura, por lo cual el operario dispondrá de una formación muy alta, hasta el punto de que dichos operarios deben de homologarse tanto en la soldadura Mig como en la Tig que veremos a continuación, siendo los niveles requeridos los mismos que en la industria aeronáutica, dicha homologación requiere unos exámenes teórico-prácticos que se deben de renovar periódicamente y en posiciones muy comprometidas tales como



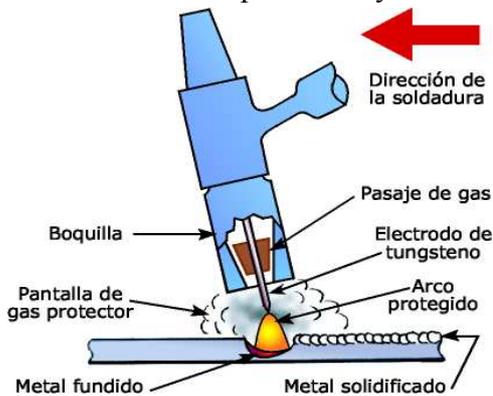
soldadura de techo, dichos cordones son radiografiados para supervisar cualquier indicio de poro o corte en la continuidad del cordón que no sería factible.

7.2 SOLDADURA TIG Y OXIACETILÉNICA

SOLDADURA TIG. La soldadura de arco de tungsteno protegida por gas (siglas del inglés de Tungsten Inert Gas), El procedimiento TIG puede ser utilizado en uniones que requieran alta calidad de soldadura y en soldaduras de metales altamente sensibles a la

SISTEMAS Y MÉTODOS DE UNIÓN EN CARROCERÍAS DE ALUMINIO

oxidación (tales como el titanio y el aluminio). Las mayores ventajas del proceso TIG provienen de la estabilidad y la concentración del arco, además del hecho de que sea factible de utilizar en todas las posiciones, tipos de juntas y del buen aspecto del cordón (con terminaciones suaves y lisas). Este método de soldadura se caracteriza también por la ausencia de salpicaduras y escorias (lo que evita trabajos posteriores de limpieza) y



por su aplicabilidad a espesores finos (desde 0,3 mm). Cabe destacar que la soldadura TIG puede ser utilizado con o sin material de aporte. El electrodo no consumible debe de ser de Tungsteno y en este caso con ningún aporte de

Torio (marca verde en la parte superior), deberá ser afilado con la punta en redondo para corriente alterna que es la adecuada para soldar aluminio, para ello se aflojará la cofia y se desmonta, igualmente se regulará a una separación de unos 4 mm. de distancia desde la tobera o boquilla cerámica apretando la cofia (tuerca de plástico en la parte superior) cuando tengamos dicha distancia. Se utiliza generador de alta frecuencia en la soldadura con corriente alterna para estabilizar el arco, debido que la corriente alterna provoca un cúmulo de óxidos que tiende a ponerlo inestable y se tumbará al inicio y tras cebar el arco se pondrá a su inclinación (siendo unos 75°) y en **dirección a izquierdas**, antes de finalizar el cordón cambiaremos el interruptor de posición, produciéndose un apagado progresivo del arco y deberemos dejar enfriar el tiempo de post-flujo donde la corriente de Argón refrigera el electrodo de tungsteno, muchos de estos parámetros son regulables en el panel de mandos y otros vienen prefijados de fábrica. *LA SOLDADURA TIG EN LOS VEHÍCULOS DE ALUMINIO TIENE RAZÓN DE SER EN LA SOLDADURA DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES, TALES COMO PUNTAS DE LARGUERO DONDE SE REQUIERE UNA GRAN CALIDAD EN DICHA OPERACIÓN.*

SOLDADURA OXIACETILÉNICA

Se había venido utilizando en reparación de carrocerías, aunque en la actualidad su empleo ha quedado reducido a operaciones muy concretas, tal como para soldadura fuerte o de latón en aquellas zonas que el vehículo las traiga de origen, aunque con la entrada de la SOLDADURA MIG BRAZING que en vehículos con aceros galvanizados ya se viene utilizando debido a que la temperatura de fusión de su alambre electrodo, formado por una aleación de cobre y aluminio requiere menos temperatura, por lo tanto no se evapora en el proceso de fusión, el cinc de recubrimiento (galvanizado) que dispone el material base de fábrica de dichas piezas, siendo por lo tanto una soldadura fuerte al igual que la oxiacetilénica con latón. Comparte la oxiacetilénica con la TIG que ambas sueldan con varilla de aportación o sin ella (autógena) de manera que el proceso de soldeo es muy similar, a diferencia que la TIG requiere ir enchufada a una fuente de energía (380 v) por disponer de un arco eléctrico y la oxiacetilénica dispone de una fuente de calor que proviene de una llama, al realizar la combustión entre el Oxígeno, Acetileno y una chispa que aportamos en la boquilla del soplete en el momento de inicio del encendido de dicha llama. También se utiliza la soldadura oxiacetilénica para calentar el aluminio en los procesos de recogido de chapa, pero previamente se debe disponer de indicadores térmicos para conocer la temperatura para dichas funciones, dado que como es sabido no cambia de color con la temperatura.

7.3 SOLDADURA ELÉCTRICA POR PUNTOS DE RESISTENCIA



La elevada conductibilidad eléctrica del aluminio dificulta notablemente la realización de uniones soldadas por puntos de resistencia, para llevar a cabo este tipo de uniones es necesario aplicar en la

máquina entre 15.000 a 20.000 A. (entre 3 y 4 veces más de intensidad que las usadas para vehículos de acero), para contrarrestar la elevada conductividad eléctrica del aluminio y por lo tanto su baja resistencia eléctrica que es fundamental para realizar este tipo de soldadura, que basan su funcionamiento en la suma de resistencias de las chapas a unir, por efecto del calor generado en dicha resistencia se realiza una pseudo-fusión (soldadura en estado pastoso que tras ejercer una presión con los electrodos forma la unión con éxito “efecto forja”) gracias al efecto Joule, consiguiendo una unión limpia sin deformación de las chapas.

Se debe limpiar previamente las uniones con ayuda del cepillo de acero inoxidable hasta conseguir un cierto brillo, y así habremos eliminado la capa de alumina.

Si no disponemos de máquina específica, podemos utilizar la tradicional de acero realizando una pequeña modificación, consistente en colocar las piezas de aluminio a unir entre dos chapas de acero inoxidable (0,5 mm. de espesor por 15x15), que serán la que tomen contacto con los electrodos, de esta forma se logra la resistencia apropiada para lograr la unión.

ALGUNOS FABRICANTES DE AUTOMOVILES DETERMINAN UNIONES CON LASER DONDE TRADICIONALMENTE SE REALIZABAN CON PUNTOS DE RESISTENCIA, POR LO QUE EN REPARACIÓN AL NO PODER DISPONER DE DICHA SOLDADURA, RECOMIENDAN UTILIZAR TECNICA DE REMACHADO (COMO POR EJEMPLO AUDI), AUNQUE SI SE UTILIZA LA SOLDADURA POR PUNTOS DE RESISTENCIA EN OTROS VEHÍCULOS DE ALUMINIO (POR EJEMPLO EN MERCEDES), INCLUSIVE TAMBIÉN ADMITEN EL ESTIRAJE EN BANCADA HASTA CIERTAS COTAS DE TOLERANCIA REALIZANDO UN ATEMPERAMIENTO DE LA ZONA A ESTIRAR, CONTROLANDO CON INDICADORES TERMOCROMÁTICOS LA TEMPERATURA EN TODO MOMENTO.

7.4. SOLDADURA LASER

El láser aplicado al campo de la producción del automóvil, ha supuesto una serie de ventajas frente a otros métodos tradicionales. La soldadura láser permite unir chapas de

distinto espesor antes de su estampación, eliminar molduras del techo y alcanzar ajustes perfectos. Proporciona también una mayor rigidez, menos ruidos durante el proceso y sobre todo, una drástica reducción del riesgo de corrosión ya que se reduce notablemente el número de remaches en el recubrimiento exterior. En este sentido, la soldadura láser galvanizada ofrece hasta doce años de garantía anticorrosión, con el láser se obtiene un considerable ahorro de peso. Las ventajas que se obtienen con este tipo de procedimiento son: Alta productividad, alta rigidez, reducción de peso, solo se requiere acceso por un lado, escasa deformación, diseño simple y claro de las costuras, no siendo necesario un tratamiento previo para la superficie ni posterior, soldando inclusive con pintura, los cordones de soldadura tienen una penetración profunda con una excelente calidad, se pueden realizar uniones con materiales de distinta naturaleza.

Aunque esta técnica se realiza en fabricación, en reparación debido a la alta potencia que debemos de disponer actualmente no se emplea, aunque ya existen algunos fabricantes de máquinas que combinando ciertas técnicas intentan su implantación en el sector de la reparación. Cuando nos encontramos uniones realizados con laser en fabricación, nosotros en reparación la sustituiremos por uniones remachadas.

8. UNIONES REMACHADAS

-Se clasifican los equipos de remachado según su accionamiento:

Neumáticos y Eléctricos



-Según el tipo de remache a colocar:

Remachadoras de pinza (para remaches macizos y estampados o autoperforantes)

Remachadora para remaches de clavo o ciegos

Remachadoras de pinzas

Disponen de pinzas de diferentes tamaños para poder acceder a las diferentes zonas.

También disponen de buterolas o útiles para: conformación de pestañas, *avellanamiento de los alojamientos de los remaches*, para que estos queden embutidos en su alojamiento y la superficie final quede enrasada, permitiendo la posterior colocación de accesorios de la carrocería (como por ejemplo la goma de contorno de puerta) y finalmente también permite la extracción de los remaches a sustituir.

Remachadora para remaches ciegos o de clavo

El funcionamiento es el mismo que el de una remachadora tradicional. Admite la inversión de sentido de trabajo por lo que permite ejercer tracción sobre el remache y conseguir la extracción del mismo. Se utilizan en zonas donde no disponemos de acceso para colocar los remaches macizos o autoperforantes.

Proceso operativo

Para poder eliminar los remaches de fábrica y realizar la sustitución de una pieza, previamente con un disco tipo clean´strip eliminaremos los selladores y pintura para poder localizarlos, mediremos con un calibre el espesor total de las chapas unidas para



ajustar la remachadora, dicha distancia será la misma que la distancia entre las dos buterolas, teniendo en cuenta que el útil estará cerrado cuando realizamos la medida.

LA DISTANCIA ENTRE BUTEROLAS SE AJUSTA CON TUERCA/CONTRATUERCA

Se nos pueden dar 2 casos cuando realizamos el ajuste:

- Si la medida es mayor, el remache se caería provocando ruido y vibraciones futuras entre chapas del panel reparado, porque como es sabido existen zonas huecas entre paneles, de ocurrir esto aplicaremos cera de cavidades en dicha

SISTEMAS Y MÉTODOS DE UNIÓN EN CARROCERÍAS DE ALUMINIO

zona (normalmente los vehículos de aluminio no suelen llevar dicha protección por no ser necesario por su autoprotección contra la oxidación). Además también provocaría un taladro demasiado grande con el consiguiente inconveniente a la hora de montar el nuevo remache.

- Si la medida es menor el remache no saldría de su alojamiento.

EN ALGUNAS OCASIONES EL TAMAÑO DE LOS REMACHES PUEDE VARIAR A LO LARGO DE LA UNIÓN DE UNA PIEZA, SE SOLUCIONA DICHO PROBLEMA CON EL CAMBIO DE BUTEROLAS, DISPONIENDO DE DIFERENTES JUEGOS QUE ENCONTRAREMOS EN EL MALETIN DE REPARACIÓN.

Antes de realizar el montaje de la pieza con los remaches se suelen realizar unos taladros de diámetro 2,5 mm. Para montar unos tornillos prisioneros y presentar la pieza, posteriormente se realizan los taladros definitivos para el alojamiento de los remaches con el útil remachador o una broca de 4 mm., volvemos a presentar la pieza uniéndola con los tornillos prisioneros de 4 mm., ahora estará preparada para realizar un avellanado con broca para tal efecto, posteriormente se aplicará el adhesivo estructural ya que según ensayos previos la unión con mayor éxito es mixta: pegado y remachado.

DONDE EN ORIGEN EXISTIA SOLDADURA LASER Y ZONAS CON ACCESO REDUCIDO (DONDE NO PODEMOS ACCEDER CON LA REMACHADORA CON BUTEROLAS) MONTAREMOS REMACHES CIEGOS, ANTE DUDA CONSULTAR DOCUMENTACIÓN.

Dicha unión no es de aplicación exclusiva, ya que normalmente requiere una unión mixta (pegado+remachado) ofreciendo un resultado con mayor calidad de la unión, el adhesivo nos garantizará una perfecta unión sobre todo en zonas donde algún remache esté mal asentado o flojo, se montarán los remaches macizos, eligiendo las buterolas adecuadas para realizar la cabeza de cierre del remache y



observando el perfecto ajuste entre punzón y matriz, cerraremos la pinza despacio y verificando que no ha quedado atrapado cable, conectores o tapizado. Finalmente se esmerilarán las cabezas de los remaches ciegos, ya que los macizos quedan embutidos por el avellanado, posteriormente se aplicará una masilla específica para aluminio formada por polvo de aluminio y en otros casos con cargas plásticas pudiendo ser monocomponentes (catalizándose en el momento de su aplicación) o bicomponentes que dependiendo de la proporción de la mezcla determinará el tiempo de secado.

EN NINGÚN CASO SE APLICARÁN MASILLAS DE POLIESTER, DEBIDO A QUE EXISTE LA PROBABILIDAD DE AGRIETAMIENTO CON EL SECADO DE INFRARROJOS

9. UNIONES PEGADAS Y COMBINADAS Para la realización de las uniones pegadas se dispone de adhesivos estructurales. En las carrocerías de aluminio aparece íntimamente unido a las uniones mediante remachado, por lo que se utilizará unión combinada. Cuando se trata de pegar una pieza sobre otra ya utilizada es necesario someter a esta última a un tratamiento previo, de forma que se favorezca la adherencia. Debemos disponer de una pistola de extrusión adecuada con cánula de mezcla, además de imprimaciones, limpiadores con base acetona o alcohol, equipo de flameado con llama directa. Los adhesivos serán de baja conductividad térmica de forma que se eviten una posible corrosión galvánica o por contacto, disponiendo de una mínima conductividad para poder en algunos casos soldar a través del propio cordón pegado. En primer lugar es necesario limpiar la zona de restos de pinturas, ceras o adhesivos que pudieran existir, a continuación se lija la superficie usando un grano de P80 o P100 con máquina. Una vez lijada la superficie se trata con una imprimación para aluminio dejando secar. La unión deberá realizarse con un cordón adhesivo de 3'5mm fijando la

SISTEMAS Y MÉTODOS DE UNIÓN EN CARROCERÍAS DE ALUMINIO

pieza durante un mínimo de 30 minutos, retiraremos el sobrante que pueda aparecer. el tiempo de endurecimiento es de unas 8 horas a 20°C y 20 minutos a 80°C.

Algunos adhesivos como el TEROSTAT 9220 no necesitan imprimación y se utilizan para pegado de techos, son pintables inmediatamente.

De necesitar imprimación normalmente se aplicará a la pieza del vehículo que hemos



limpiado y lijado convenientemente para poder tener poder de cohesión y en la pieza de recambio bastará con limpiar la superficie que va ir pegada. A continuación se cita el proceso recomendado de reparación de un fabricante de automóviles. En resumen el tratamiento recomendado por MERCEDES BENZ, sería el siguiente:

- ∞ Eliminar el pegamento viejo, la suciedad, posibles restos de oxido, pintura, etc..
- ∞ Es recomendable usar el cepillo de acero inoxidable lijando posteriormente las zonas de unión con el papel de lija “saco roc” comprendido en el juego de útiles
- ∞ Soplar y limpiar el aluminio lijado.

∞ Limpieza de unión con un pincel y disolvente de limpieza

∞ Aplicar la imprimación con un pincel en la superficie a unir. Cuando se halla formado una capa uniforme de imprimación el pegado será posible.



∞ Aplicados el adhesivo estructural en la forma indicada anteriormente para a continuación remachar la pieza en caso necesario.

9.1 UNIONES PEGADAS Y REMACHADAS

Como se ha visto en el punto anterior de uniones pegadas, no son uniones simplemente con adhesivo, se combina con otro tipo de unión, en este caso utilizándose un adhesivo de naturaleza epoxi de 2 componentes (LOCTITE 3450) cuya resistencia funcional la adquiere en 30 minutos, que se aplicará con la pistola adecuada y la cánula mezcladora, teniendo como precaución el desechar el primer tramo de producto que sale por no estar debidamente mezclado, dicho producto lo aplicaremos antes del remachado y con forma sinusoidal pasando alrededor de los orificios por donde se aplicarán los remaches, teniendo en cuenta la inmovilización de la zona durante el periodo de curado del adhesivo con pinzas de anclaje a tal efecto disponible en los cofres de reparación, garantizando una unión perfecta y evitando que los remaches se puedan movilizar, si quedara alguno con cierta holgura de montaje.

9.2 UNIONES PEGADAS Y ATORNILLADAS

Al igual que el caso anterior las uniones con mayor calidad son las combinadas y en este caso se aplicara adhesivo o sellador de poliuretano (como por ejemplo el TEROSTAT 9100 o 9200) dependiendo si la unión atornillada es de carácter permanente o se tiene previsto su desmontaje con cierta frecuencia en las reparaciones.

9.3 UNIONES PEGADAS Y SOLDADAS

Para permitir tras el pegado el posterior soldado, el adhesivo deberá tener algo de conductividad eléctrica, como es el caso del (TEROSTAT 9220) a pesar de que para vehículos de aluminio, inclusive en el pegado de lunas, se debe de utilizar adhesivo con muy baja conductividad para evitar la corrosión galvánica, dicha pequeña conductividad será la necesaria para que exista continuidad eléctrica necesaria para el proceso de soldeo en el caso de *SOLDADURA ELECTRICA POR PUNTOS DE RESISTENCIA* o *EN LA SOLDADURA MIG*; en esta ultima los cordones deben de ser muy pequeños o pequeños

puntos como ayuda al acople de la pieza, debido a que el adhesivo se quema ligeramente desprendiendo humos y chisporroteo.

10. UNIONES ARTICULADAS: UNIONES MEDIANTE PASADORES

Son uniones mediante pasadores que permiten la rotación de ambas piezas unidas a los mismos (como por ejemplo bisagras), teniendo en cuenta que el material de dichos pasadores será compatible con el resto de la carrocería, para evitar la corrosión galvánica. En el desmontaje se utilizará los útiles específicos para ocasionar el menor daño posible.

11. PROCESO OPERATIVO DE SUSTITUCIÓN DE UNA ALETA TRASERA

Situando el puntero del ratón en el título y pulsando la tecla: Control y el botón izquierdo de dicho ratón se puede apreciar a través de POWER POINT la secuencia de operaciones para realizar dicha sustitución, con diferentes casos (según fabricantes) apreciando los diferentes sistemas y métodos de unión que se utilizan en dicha reparación, tal y como se ha ido explicando anteriormente.

12. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN DE RIESGOS LABORALES

En los procesos de las diferentes uniones se requiere el uso de diferentes EPI'S., ***(elementos de protección individual)*** tal como:

Las ***gafas transparentes de protección***, al ejecutar la soldadura de puntos de resistencia para evitar que la salpicadura dañe nuestros ojos, igualmente para ejecutar este tipo de soldadura sujetaremos las piezas a soldar con pinza de plástico para evitar desviaciones de corriente.

Guantes de protección que serán de cuero para proteger nuestras manos en la mayoría de los procesos y guantes de latex en los procesos de pegado para evitar mancharnos.

Botas de protección con puntera de hierro para evitar daños en los pies por posible caídas de piezas con cierto peso. Pero es en la soldadura donde se requiere mayor

SISTEMAS Y MÉTODOS DE UNIÓN EN CARROCERÍAS DE ALUMINIO

protección inclusive mayor que en los procesos de soldeo con acero, utilizando **manguitos de protección en los brazos y tapando bien el cuello**, para no dejar la piel al descubierto frente a las radiaciones ultravioleta e infrarroja del proceso de soldeo, que en el caso del aluminio es mayor debido a que la intensidad de corriente también lo es, para contrarrestar la alta conductividad de dicho material, de no protegernos sufriremos quemaduras en la piel, supervisándose por el enrojecimiento rápido de esta. Existen por lo tanto riesgo de Quemaduras, Radiación, Incendio y Explosión, Riesgos eléctricos y de Inhalación de gases y humos, para lo cual nos protegeremos adecuadamente con



buzos, mandiles, polainas, pantalla de cristal inactivo, con mayor índice de protección entre 12 y 13 tanto para MIG como para TIG para evitar las radiaciones y la alta luminosidad, **máscara para vapores inorgánicos** tipo

B para evitar la inhalación de gases tóxicos de la soldadura, debido al ozono que genera las radiaciones ultravioletas, así como los gases nitrosos. Para la realización de soldadura oxiacetilénica se deberá emplear las gafas específicas con protección de nivel 5, aunque como ya se ha explicado dicho equipo se utiliza para contadas ocasiones.

Existen otras **medidas de protección colectiva**: tal como equipos extractores de humos en la zona de soldadura, mantener las zonas ventiladas y apantallar la zona donde se ejecuta la soldadura para evitar lesiones y daños en personal que esté en zonas colindantes, igualmente no se soldará en ambientes húmedos.