



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

CARBOREP

CAR BODY REPAIR

MANUAL DE FORMACIÓN



08/08/2019

www.carborep.eu

Este proyecto ha sido financiado con el apoyo de la Comisión Europea. Esta publicación refleja únicamente la opinión del autor, y la Comisión no se hace responsable del uso que pueda hacerse de la información contenida en la misma.

PROJECT
CONSORTIUM





CARBOREP

Formación Europea armonizada para el personal que trabaja en la reparación de carrocerías.

2016-1-UK01-KA202-024374

IO3: ADAPTACIÓN DEL CURRÍCULO DEL ECBRT Y DESARROLLO
DE MATERIALES DE FORMACIÓN

Índice

3

Prólogo	5
Unidad de Competencia 1	6
1. Carrocería fabricada en Acero – Reparación mediante Soldadura.....	6
1.1 Materiales utilizados en la fabricación de carrocerías de vehículos	6
1.2 Soldadura MAG y GMAW-Brazing	19
1.2.1 Visión general de soldadura MAG y GMAW-Brazing	20
1.2.2 Soldadura MAG y procesos de GMAW	44
1.2.3 Especificaciones de la soldadura con MAG-Brazing.....	46
1.2.4 Características de la soldadura MAG-Brazing	47
1.2.5 Preparación de soldadura fuerte en la reparación de carrocerías de automóviles	48
1.2.6 Aplicación técnica de MAG y Brazing en la reparación de carrocerías de automóviles ..	50
1.2.7 Seguridad e Higiene y Seguridad ambiental	62
1ª Formación Práctica	80
1.3 Tecnología de soldadura de puntos por resistencia.....	86
1.3.1 El proceso de soldadura de puntos por resistencia	86
1.3.2 Descripción técnica de la soldadura de puntos por resistencia.....	90
.....	115
1.3.3 Seguridad e Higiene y Seguridad ambiental	119
2ª Formación Práctica	130
Unidad de Competencia 2	136
Carrocería fabricada en Acero/Aluminio/Materiales Compuestos – Reparación mediante Adhesivos y Uniones Mecánicas	136
2.1 Materiales utilizados en la fabricación de carrocerías de vehículos	136
2.2 Adhesivo de unión en la reparación de carrocerías de automóviles	141
2.2.1 Tipos de adhesivos	142
2.2.2 Aplicaciones de uniones adhesivas.....	144
2.2.3 Características de los adhesivos.....	148
2.2.4 Comparación con otros métodos de unión	151
2.2.5 Aplicación técnica de los adhesivos en la reparación de carrocerías de automóviles ..	159
2.2.6 Aplicación técnica de los adhesivos en la reparación de carrocerías de automóviles ..	160



.....	161
2.2.6 Datos del producto adhesivo y fichas de seguridad	173
2.3 Fijaciones mecánicas en la reparación de carrocerías de automóviles	178
3ª Formación Práctica	192
2.4 Unión híbrida en unión adhesiva.....	197
2.4.1. Unión adhesiva y soldadura de puntos por resistencia	197
2.4.3 Control de calidad	200
2.4.4 Seguridad e Higiene y Seguridad ambiental	207
4ª Formación Práctica	209
5ª Formación Práctica	213
6ª Formación Práctica	217
7ª Formación Práctica	219
8ª Formación Práctica	222
9ª Formación Práctica	225
10ª Formación Práctica	231



Prólogo

5

El presente documento es el Manual del Técnico Europeo Reparador de Carrocerías de Automóviles.

Este manual se compone de dos unidades de competencia: Competencia Unidad 1 "Carrocería fabricada en Acero – Reparación mediante Soldadura"; y Unidad 2 "Carrocería fabricada en Acero/Aluminio/Materiales Compuestos – Reparación mediante Adhesivos y Uniones Mecánicas".

El manual CARBOREP ha sido elaborado en el marco del proyecto CARBOREP (CARBOREP - European Harmonized Training for Personnel working with Car Body Repair Technology, número de referencia del proyecto: 2016-1-UK01-KA202-024374), financiado con el apoyo de la Comisión Europea. Esta publicación refleja únicamente la opinión del autor, y la Comisión no se hace responsable del uso que pueda hacerse de la información contenida en la misma.

Copias de este documento están disponibles en la página web de CARBOREP www.carborep.eu.

Unidad de Competencia 1

1. Carrocería fabricada en Acero – Reparación mediante Soldadura

1.1 Materiales utilizados en la fabricación de carrocerías de vehículos

Una típica producción en serie de carrocerías comprende piezas metálicas estampadas, extrusiones y componentes fundidos. Se encuentran en la parte superior de la estructura de la carrocería, el chasis y los bastidores auxiliares. La carrocería puede diferir en su estructura y en las partes incluidas según el fabricante, por ejemplo, la carrocería en blanco, monocasco o chasis y el diseño del tipo de cabina, pero a continuación se muestra lo que puede considerarse un esqueleto común para los coches de producción de volumen medio a alto (véase la figura 1):

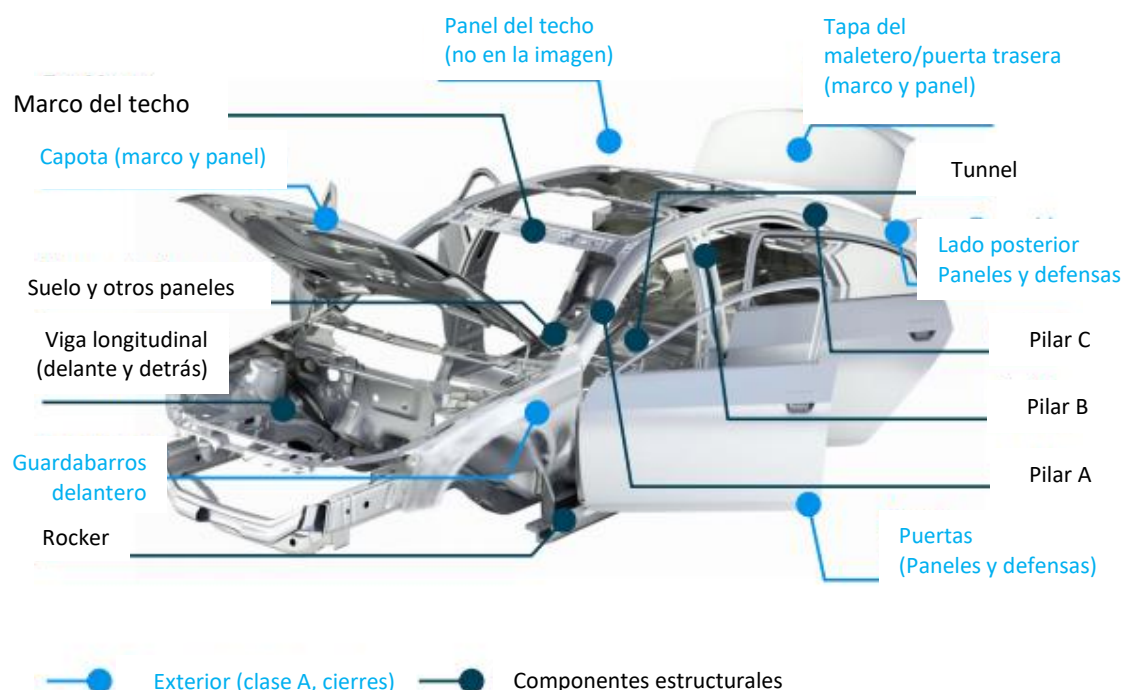


Figura 1 – Identificación partes de la carrocería. Fuente:
https://www.rolandberger.com/publications/publication_pdf/roland_berger_global_automotive_stamping_study_e_2017_0210.pdf

Los diferentes conjuntos de componentes de la carrocería del vehículo desempeñan funciones diferentes como garantizar la seguridad en caso de colisión y la comodidad de los pasajeros o mejorar el rendimiento del vehículo. Los materiales de mayor resistencia tienen una conformabilidad limitada y se utilizan generalmente en áreas no visibles donde se requiere un alto nivel de integridad estructural, por ejemplo, en zonas de alta carga. Mientras que los materiales de menor resistencia y más moldeables se utilizan generalmente para paneles visibles que requieren formas complejas y acabados superficiales de alta calidad (por ejemplo, paneles de puertas) o para zonas de contracción de choque desechables en las que su capacidad de absorción de energía es primordial (por ejemplo, parachoques de refuerzo interior). Independientemente de los materiales utilizados, la distribución de los diferentes materiales de resistencia en toda la carrocería del vehículo se emplea principalmente para minimizar el coste y el peso, al tiempo que se cumplen los requisitos de diseño de las propiedades mecánicas.

A pesar de la tendencia de las últimas décadas hacia el uso de diferentes materiales en los elementos de la carrocería de los automóviles, en especial el aluminio, probablemente la mayoría de los coches de producción, tienen principalmente piezas de acero. El uso del aluminio se debe a su reducida densidad de masa, manteniendo en muchos casos las propiedades mecánicas requeridas, a pesar de ser más caro. Otros coches, normalmente vehículos de alta gama, utilizan materiales exóticos como la fibra de carbono. Las nuevas tendencias en el uso del magnesio también están comenzando a aparecer.

A menudo dentro del mismo fabricante, existen distintos materiales que predominan en la carrocería del automóvil en función del modelo, tal y como pone de manifiesto Audi y sus A1, A8, y R8 Coupé, mostrados en las Figuras 2, 3 y 4. Sin un conocimiento previo del vehículo, no es posible determinar definitivamente de qué material está hecha una determinada pieza. La inspección visual puede permitir la identificación del

material; sin embargo, debe complementarse con el análisis de la hoja de datos, para encontrar, por ejemplo, la familia específica de aceros y sus correspondientes propiedades, tratamiento y recubrimientos.

8

Audi A1

Karosseriematerialien
Materials in the body structure
06/10

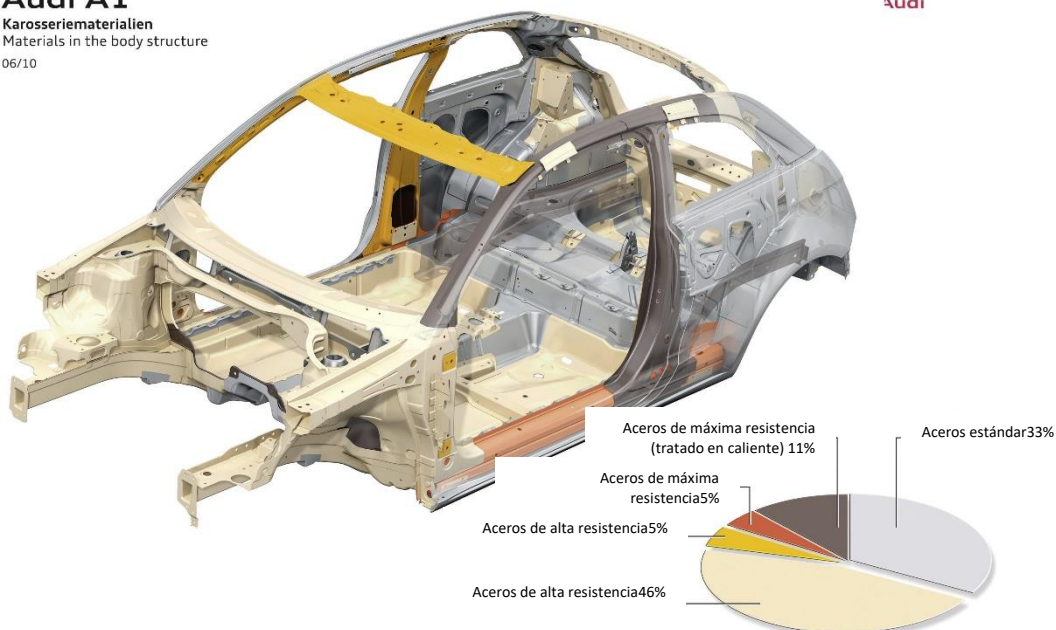


Figura 2 – Carrocería de acero intensivo Audi A1. Fuente: <https://www.audi-mediacycenter.com/en/leightweight-construction-246>



Der neue Audi A8

Audi Space Frame in Multimaterialbauweise

The new Audi A8

Multimaterial Audi space frame

04/17

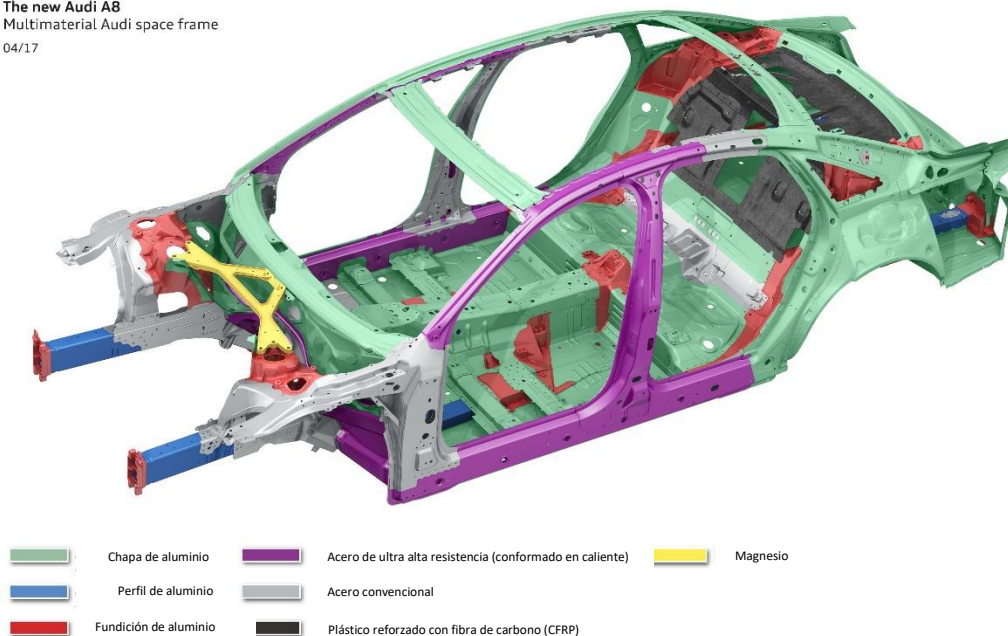


Figura 3 – Carrocería Multimaterial Audi A8. Fuente: <https://www.audi-mediacycenter.com/en/presskits/techday-body-structure-7469>

Audi R8 Coupé

Audi Space Frame in Multimaterialbauweise

Audi space frame in multimaterial construction

03/15

- Plástico reforzado con fibra de carbono (CFRP)
- Perfil de aluminio
- Chapa de aluminio
- Fundición de aluminio

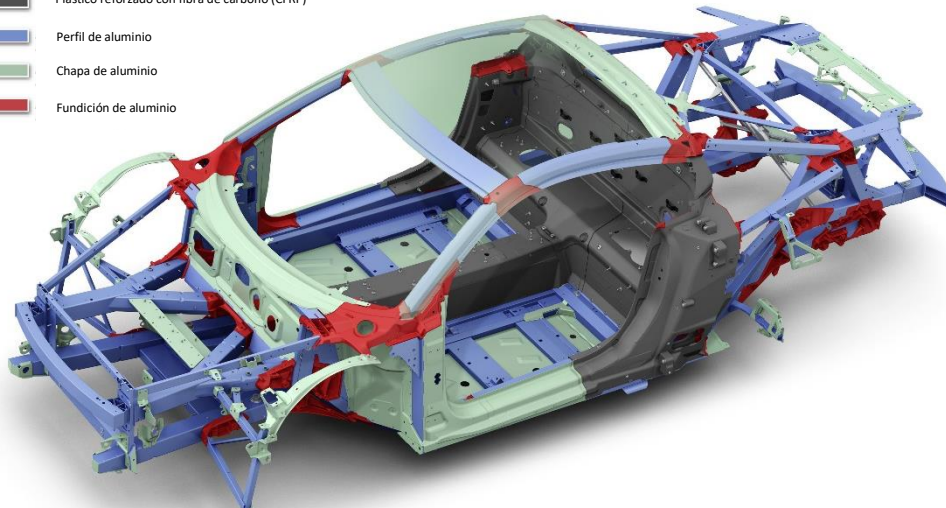


Figura 4 – Carrocería intensiva de aluminio en Audi R8. <https://www.audi-mediacycenter.com/en/leightweight-construction-246>

A continuación, revisaremos ejemplos de la distribución de las calidades de acero en una carrocería de automóvil, seguidos de las técnicas de reparación de soldaduras que

se pueden aplicar a esos diferentes aceros. La figura 5 muestra la variedad de diferentes métodos de unión que pueden estar presentes en la carrocería de un automóvil.

10

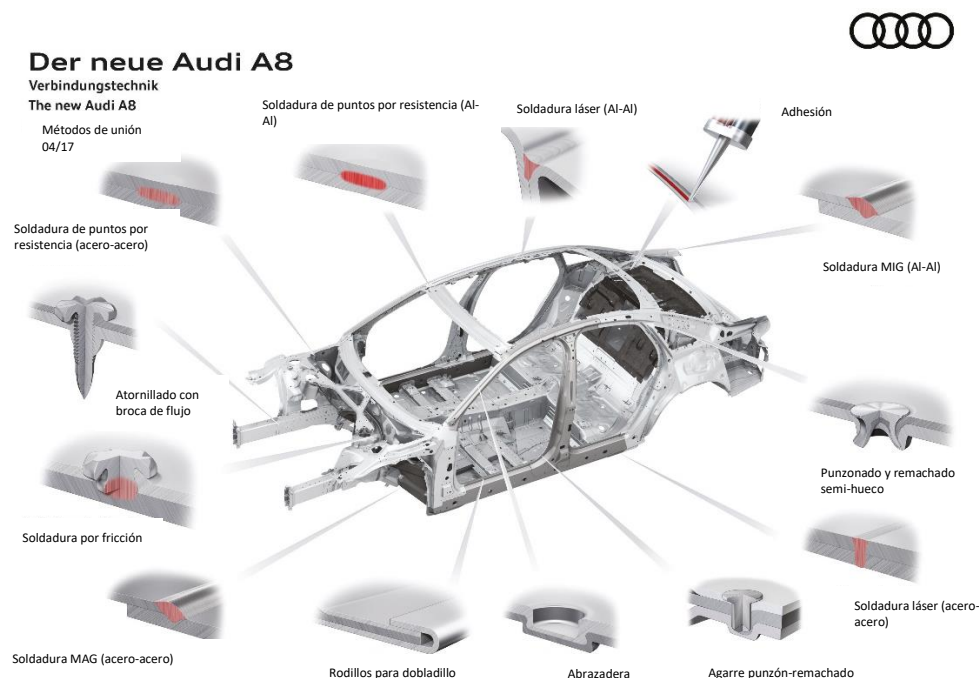


Figura 5 - Audi A8 – Métodos de unión. Source: <https://www.audi-mediacycenter.com/en/leightweight-construction-246>

Las figuras 6-11 muestran la distribución de los diferentes aceros en la carrocería en función de su resistencia.

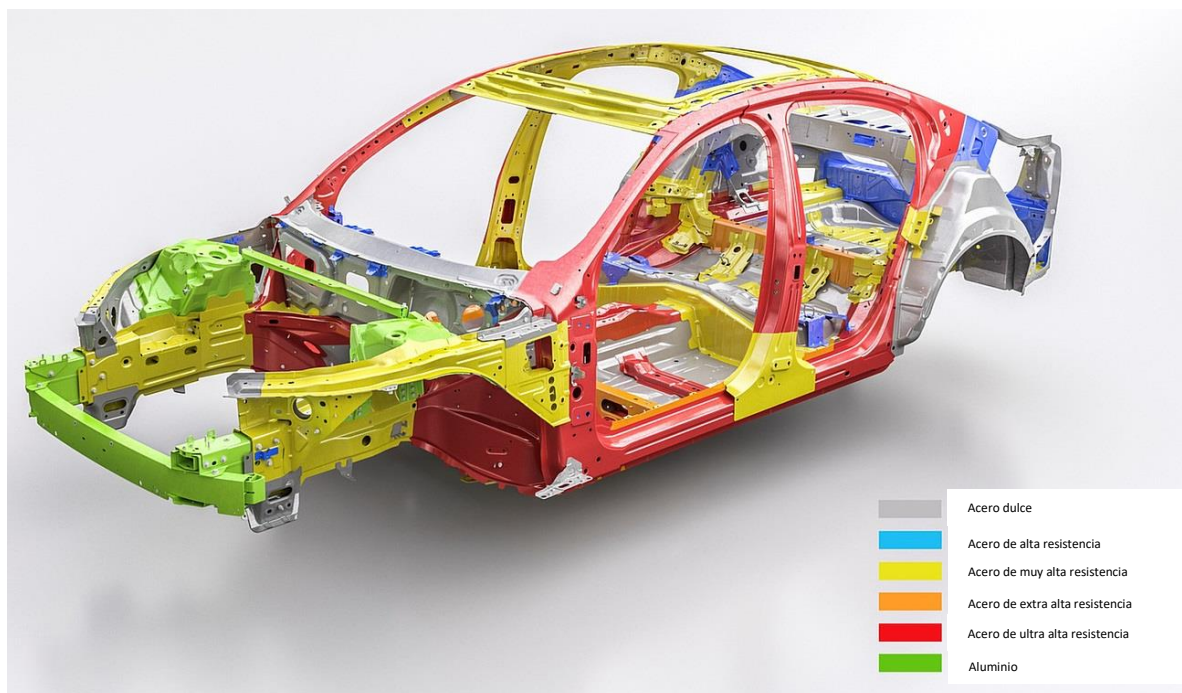


Figura 6 – Estructura de la carrocería del Volvo S60. Fuente: <http://www.boronextrication.com/tag/body-structure/>

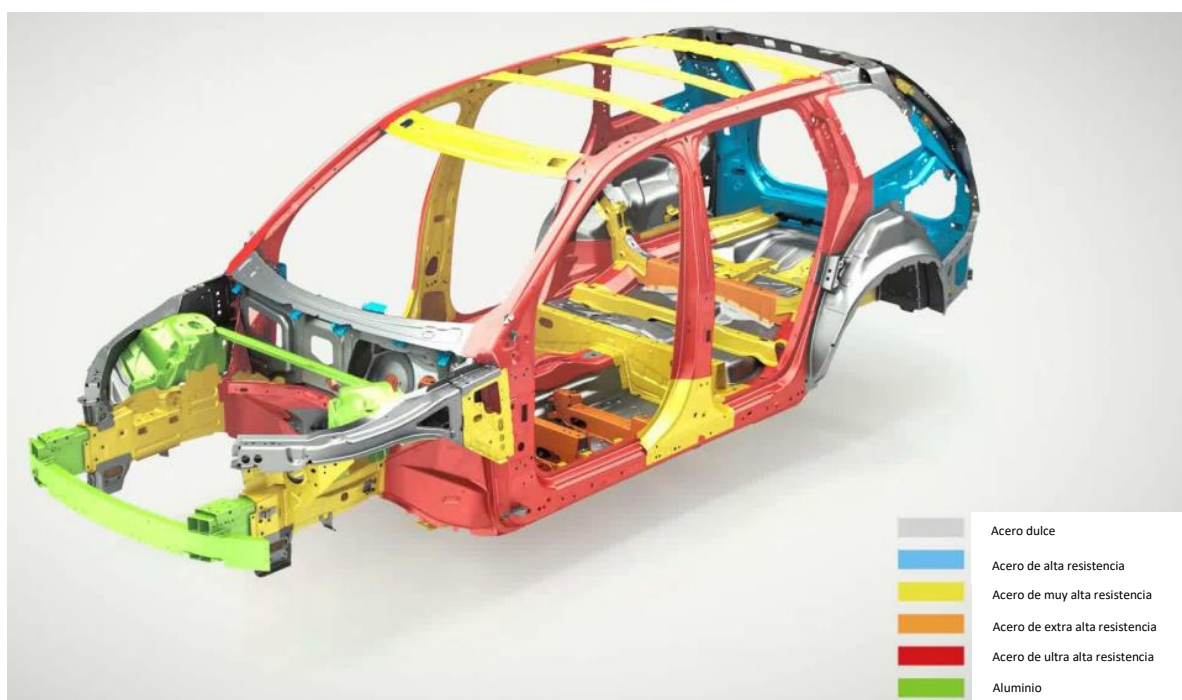


Figura 7 – Estructura de la carrocería del Volvo XC90. Fuente: <http://www.boronextrication.com/tag/body-structure/>

En la figura 7, a pesar del chasis de acero, los paneles de las puertas y del capó son de aluminio. Esta solución atornillable para la integración de materiales diferentes es un

método común utilizado para lograr una reducción de peso sin la complejidad de tener que soldar o remachar directamente el aluminio en una estructura de acero.

12



Figura 8 Estructura de la carrocería del Tesla Model 3. Fuente: <http://www.boronextrication.com/tag/body-structure/>

2015 CHEVROLET COLORADO

STEEL STRUCTURE

FIND NEW ROADS™

13

- ACERO TEMPLADO A PRESIÓN
- ACERO DE ULTRA ALTA RESISTENCIA
- ACERO DE ALTA RESISTENCIA AVANZADO
- ACERO DE ALTA RESISTENCIA



Figura 9 Estructura de la carrocería del Chevrolet Colorado. Fuente:
<https://media.gm.com/media/us/en/gm/news.detail.html/content/Pages/news/us/en/2014/mar/0311-colorado.html>

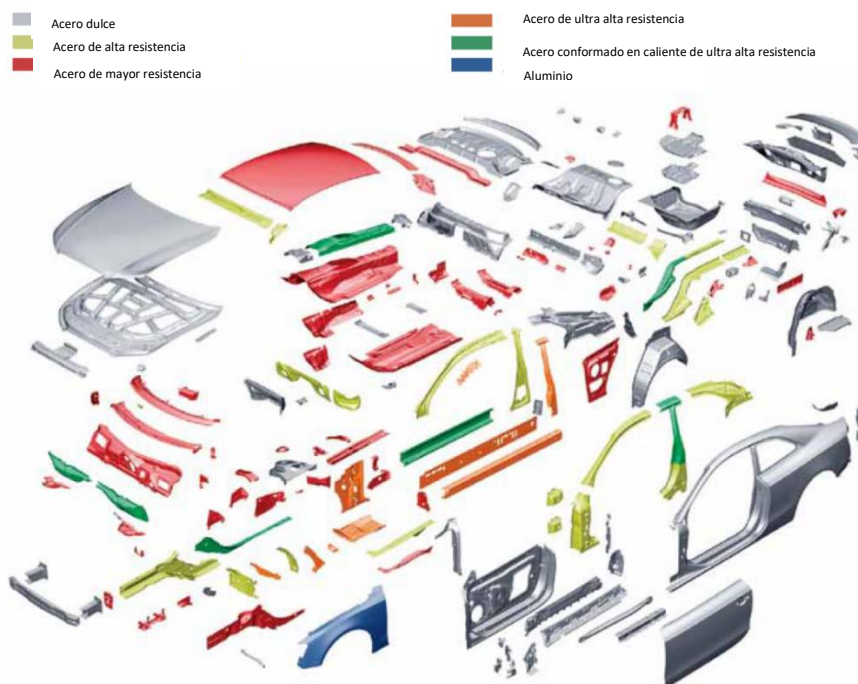


Figura 10 - Vista despiezada de la carrocería. Fuente:
<https://media.gm.com/media/us/en/gm/news.detail.html/content/Pages/news/us/en/2014/mar/0311-colorado.html>

Como se ha visto en las cifras anteriores, existen numerosas familias diferentes de grados de acero utilizados en la fabricación de vehículos, casi todos estos grados

pueden clasificarse como aceros suaves. Sin embargo, las propiedades de los distintos grados pueden variar drásticamente, al igual que el rendimiento de la soldadura y la unión. Las definiciones y nombres de cada grado se basan en la microestructura, las propiedades mecánicas o los procesos de producción utilizados para el material específico. Las empresas de automóviles suelen tener sus propios términos y códigos preferidos para los grados de material, lo que complica aún más la identificación de los materiales. Sin embargo, es posible agrupar los grados de acero en familias donde los grados tienen propiedades similares. Dentro de una familia específica, las propiedades mecánicas (resistencia a la tracción, elasticidad, alargamiento, etc.) se encuentran dentro de un rango de valores. Los materiales dentro de una familia específica pueden ser manejados de manera similar cuando se trata de la fabricación o, más específicamente, de la unión en la reparación de carrocerías de vehículos.

A los efectos del presente documento, se hará referencia a cuatro familias de productos de acero:

- **Aceros de embutición, embutición profunda y alta conformabilidad:** Estos aceros tienen microestructuras totalmente ferríticas y suelen tener un contenido de carbono muy bajo. Estos materiales están diseñados para una gran formabilidad y a menudo tienen una alta calidad de superficie, lo que los hace adecuados para paneles exteriores o componentes interiores altamente conformados. Los aceros típicamente ofrecen pocos desafíos para la soldadura y pueden ser unidos por todos los procesos comunes.
- **Acero de alta resistencia (HSS):** Tienen principalmente microestructuras ferríticas, pero para conseguir mejores propiedades mecánicas (resistencia a la tracción de 350 - 550MPa) se requiere un tamaño de grano fino. Se emplean adiciones de aleaciones específicas para refinar los granos y reforzar la microestructura, pero conservando al mismo tiempo una buena formabilidad. Es importante para la soldadura que el contenido de carbono siga siendo bajo

en estos materiales. Dentro de esta familia de materiales comunes se incluyen los aceros de baja aleación de alta resistencia (HSLA), los aceros al carbono y al manganeso (CMn) y algunos aceros de mayor resistencia para endurecimiento al horno y re-fosforados. Estos materiales son típicamente fáciles de soldar y presentan pocos problemas en la fabricación de vehículos. Los tres procesos de soldadura pueden utilizarse en la reparación de vehículos.

- **Acero avanzado de alta resistencia (AHSS):** Es un grupo genérico de metales con una resistencia a la tracción superior a 550 MPa. Las microestructuras de estos materiales pueden ser una mezcla de ferrita, austenita, martensita y bainita. Las composiciones químicas específicas y las microestructuras multifásicas resultantes de combinaciones de tratamientos térmicos y otros mecanismos de refuerzo permiten conseguir una gama de resistencia, ductilidad y tenacidad. Esta familia de aceros incluye aceros como los de doble fase (DP), fase compleja (CP), ferrítico-bainítico (FB), plasticidad inducida por transformación (TRIP) y plasticidad inducida por hermanamiento (TWIP). Por ejemplo, los aceros DP se utilizan comúnmente en la zona de choque debido a su alta capacidad de absorción de energía. Algunos AHSS pueden requerir parámetros de soldadura específicos (por ejemplo, TRIP o TWIP), pero en general esta familia de materiales puede soldarse sin dificultad particular. El AHSS se suelda muy a menudo con otros AHSS e incluso con aceros al carbono por medio de la soldadura por puntos por resistencia (en muchos vehículos modernos, más del 50% de las soldaduras contienen uno o más materiales AHSS). Los tres procesos de soldadura se pueden utilizar para reparar estos materiales, pero se debe tener cuidado para reducir la distorsión potencial resultante de la alta entrada de calor de la soldadura. Además, las fases de alta dureza pueden ser el resultado de la soldadura, lo que puede reducir la resistencia a la fractura de las soldaduras.

- **Acero de ultra alta resistencia (UHSS):** Se caracteriza por tener una resistencia a la tracción de al menos 780 MPa. Los grados UHSS tienen una microestructura predominantemente martensítica, pueden estar presentes pequeñas proporciones de otras fases. El UHSS incluye la fase dual (DP), la fase compleja (CP), la plasticidad inducida (TRIP), el conformado en caliente (HF) también conocido como aceros endurecidos por presión (PHS), el martensítico (MS o MART). El UHSS tiene propiedades de soldadura similares a las del AHSS pero con mayor resistencia (y una ductilidad menor). Un ejemplo del uso de UHSS son los aceros MS que se utilizan como elementos estructurales, como los pilares B, por su característica de resistencia extremadamente alta. En principio, todos estos materiales son todavía soldables, pero el efecto del calor, las propiedades de la soldadura y de la zona afectada por el calor circundante pueden, en algunos casos, deteriorar gravemente la integridad de una unión. Para estos materiales se debe adquirir un conocimiento profundo del acero específico para decidir qué procedimientos de soldadura se van a ejecutar.

Es importante introducir los **recubrimientos de acero** utilizados en la industria del automóvil, ya que influyen en la aplicación o no de un determinado método de unión, y en qué condiciones. Los recubrimientos se utilizan principalmente para alterar las propiedades de una superficie, como la adhesión, la humectabilidad, el color y la textura, y la resistencia a la corrosión o al desgaste. En la industria del automóvil, los recubrimientos de acero tienen como objetivo principal mejorar la resistencia a la corrosión.

Muchos recubrimientos metálicos incluyen zinc, ya sea en un recubrimiento de zinc puro o en un recubrimiento de aleación de zinc. El zinc funciona como ánodo de sacrificio para proteger el acero contra la corrosión, dado su potencial de disolución anódica en comparación con el hierro.

- **Electrogalvanizado:** El recubrimiento se adhiere a la superficie por medio de una corriente que pasa a través de una solución de ánodo de zinc y un conductor de acero.
- **Galvanización por inmersión en caliente:** crea una unión metalúrgica entre el metal base y el revestimiento mediante la inmersión de la pieza de acero en zinc fundido. Cuando se expone a la atmósfera, el zinc puro reacciona con el oxígeno, creando una reacción en cadena que resulta en carbonato de zinc (ZnCO_3).
- **Recubrimiento galvánico:** una combinación de galvanización en caliente y un proceso de recocido que da lugar a la formación de una aleación de zinc-hierro. Esta aleación se crea debido al intercambio de calor en el horno de recocido que promueve la difusión entre las capas de hierro y zinc.
- **Acero Aluminizado:** crea una unión metalúrgica entre el metal base y la aleación de aluminio y silicio en un proceso de inmersión en caliente. Ampliamente utilizado en sistemas de escape.

Al soldar acero galvanizado, se deben tener en cuenta los problemas que surgen de la volatilización del zinc en el revestimiento, por ejemplo, salpicaduras, porosidad, humos y posibles grietas en la soldadura.

Cuando se utiliza como método de unión el cortocircuito o la transferencia de metal por pulverización, el zinc volatilizado que se eleva desde la superficie de la placa hace que el arco se vuelva inestable y genere salpicaduras considerables. Además, el vapor de zinc puede quedar atrapado en el charco de soldadura solidificante, causando porosidad.

A diferencia de un recubrimiento galvanizado, un recubrimiento de aluminio no es volátil, pero sí produce un óxido de alto punto de fusión. Este óxido puede interferir

con la estabilidad del arco, causar salpicaduras y evitar una buena humectación de la superficie, lo que a su vez crea una forma deficiente del cordón.

En los métodos de soldadura actuales, el zinc a menudo se elimina de las superficies de la unión antes de que la soldadura o la unión se abra para permitir que el vapor escape. El rendimiento de soldadura MAG puede mejorarse eligiendo cuidadosamente el tamaño y tipo de alambre.

En comparación con los aceros, las aleaciones de aluminio se consideran especialmente como una alternativa ligera. Otras ventajas incluyen su buena durabilidad y resistencia a la corrosión. Por otra parte, su soldabilidad sigue siendo un problema y se debe tener mucho cuidado al elegir los parámetros de soldadura, la geometría de la herramienta, los ciclos térmicos durante la soldadura y el tratamiento térmico posterior a la misma, de modo que se pueda conseguir la microestructura y la resistencia deseadas. Sin embargo, el uso de técnicas de unión que no recurren al calor, como la unión mecánica y la unión adhesiva, permite el crecimiento de las piezas de aluminio utilizadas en la industria del automóvil.

El aluminio se une a menudo mediante la combinación de juntas mecánicas, como los remaches autoperforantes, con una unión adhesiva, que a menudo satisface los requisitos de las propiedades mecánicas en muchas áreas de la carrocería del automóvil. Los recientes avances tecnológicos permiten el uso de muchas técnicas de soldadura, a saber, la soldadura de puntos por resistencia y la soldadura por arco.

Al igual que los grados de acero, las diferentes aleaciones de aluminio tienen propiedades mecánicas inherentes dispares y, por lo tanto, aplicaciones en vehículos. A este respecto, se hace referencia a tres aleaciones de aluminio, ya que son las más utilizadas en la industria del automóvil.

- **5000 Al-Mg:** se caracteriza por tener una gran relación resistencia-peso y propiedades de conformabilidad. Las aplicaciones más comunes incluyen el uso

de: 5182 en los paneles interiores de la carrocería debido a su buena conformabilidad y al rendimiento de agrietamiento por corrosión bajo tensión; y 5022, con mayor resistencia y conformabilidad, en capós, techos, puertas y guardabarros.

- **6000 Al-Mg-Si:** con diferencia la aleación de aluminio más común utilizada en la industria automotriz, dada su mayor resistencia en comparación con la aleación anterior. Es tratable térmicamente, muy moldeable y razonablemente bien soldable. Por ejemplo, el 6063 se utiliza en armazones de asientos y barandillas de techo.
- **7000 Al-Zn-Mg:** objetivo de los desarrollos recientes para conseguir mayores aleaciones de resistencia. Además de su mayor costo, tiene la desventaja de tener propiedades de corrosión más pobres, lo cual puede ser un problema cuando se suelda. Se pueden utilizar aleaciones 7003 y 7046 en los refuerzos del parachoques y en las vigas de impacto.

1.2 Soldadura MAG y GMAW-Brazing

La soldadura fuerte o brazing es la unión de metales con un proceso similar a la soldadura por fusión utilizando un metal de aportación con un punto de fusión más bajo que el metal de origen y sin fundir intencionadamente el metal de origen.

La soldadura MAG (EN ISO 4063 proceso 135) y la soldadura GMAW-Brazing (EN ISO 4063 proceso 973) pueden aplicarse para reparar la carrocería dañada de un automóvil.

1.2.1 Visión general de soldadura MAG y GMAW-Brazing

20

Equipo de soldeo MAG

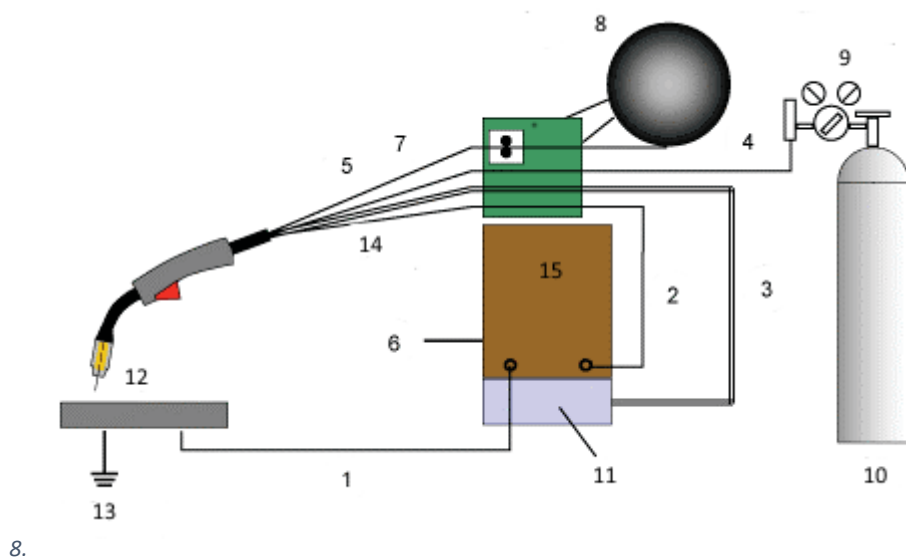


Figura 11 - Representación esquemática de los equipos de soldadura MAG. Cable de retorno, 2. Cable de corriente de soldadura, 3. Entrada y salida de agua de refrigeración, 4. Gas protector del cilindro, 5. Electrodo de alambre en la camisa, 6. Energía de entrada primaria, 7. Circuito de interruptor de pistola, 8. Suministro de electrodo de alambre, 9. Regulador de gas protector y caudalímetro, 10. Suministro de gas protector, 11. 12. Unidad de refrigeración (opcional) Pistola de soldar o antorcha, 13. Tierra de seguridad (Consulte la guía HSE), 14. Conjunto de cables, 15. Fuente de alimentación. Fuente: TWI

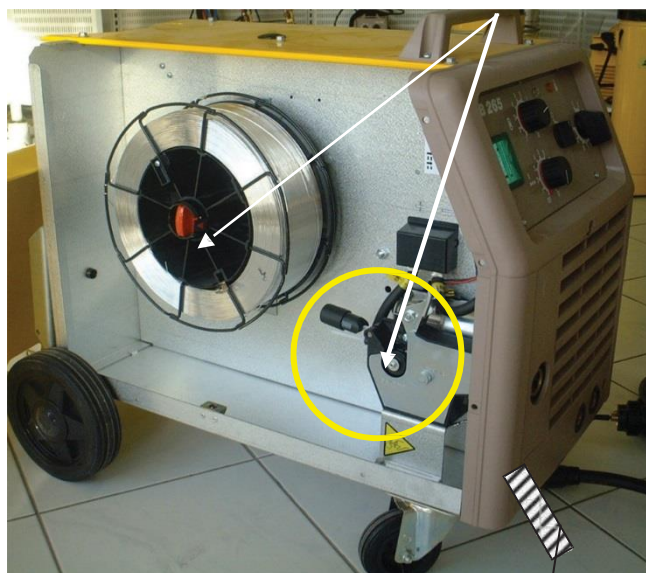


Figura 12 -Transformador/rectificador de la fuente de alimentación (tipo de voltaje constante); 2. Fuente de alimentación del inversor; 3. Conjunto de manguera de alimentación (revestimiento, cable de alimentación, manguera de agua, manguera de gas); 4 revestimientos; 5 puntas de contacto de repuesto; 6 Conjunto del cabezal de la antorcha; 7 Cable de

retorno y abrazadera; 8 Bobina de alambre de 15 kg (cables recubiertos de cobre y no recubiertos); 9 Tablero de control de alimentación de energía; 10 Unidad de alimentación de alimentación de alambre externa. Fuente: TWI

21

Sistema de alimentación del hilo



Rodillo de accionamiento superior plano



Ranura de la mitad del rodillo impulsor inferior

Guía de alambre

Figura 13 – Equipamiento típico de soldeo. Fuente: TWI

Montaje de la guía del alambre en MAG

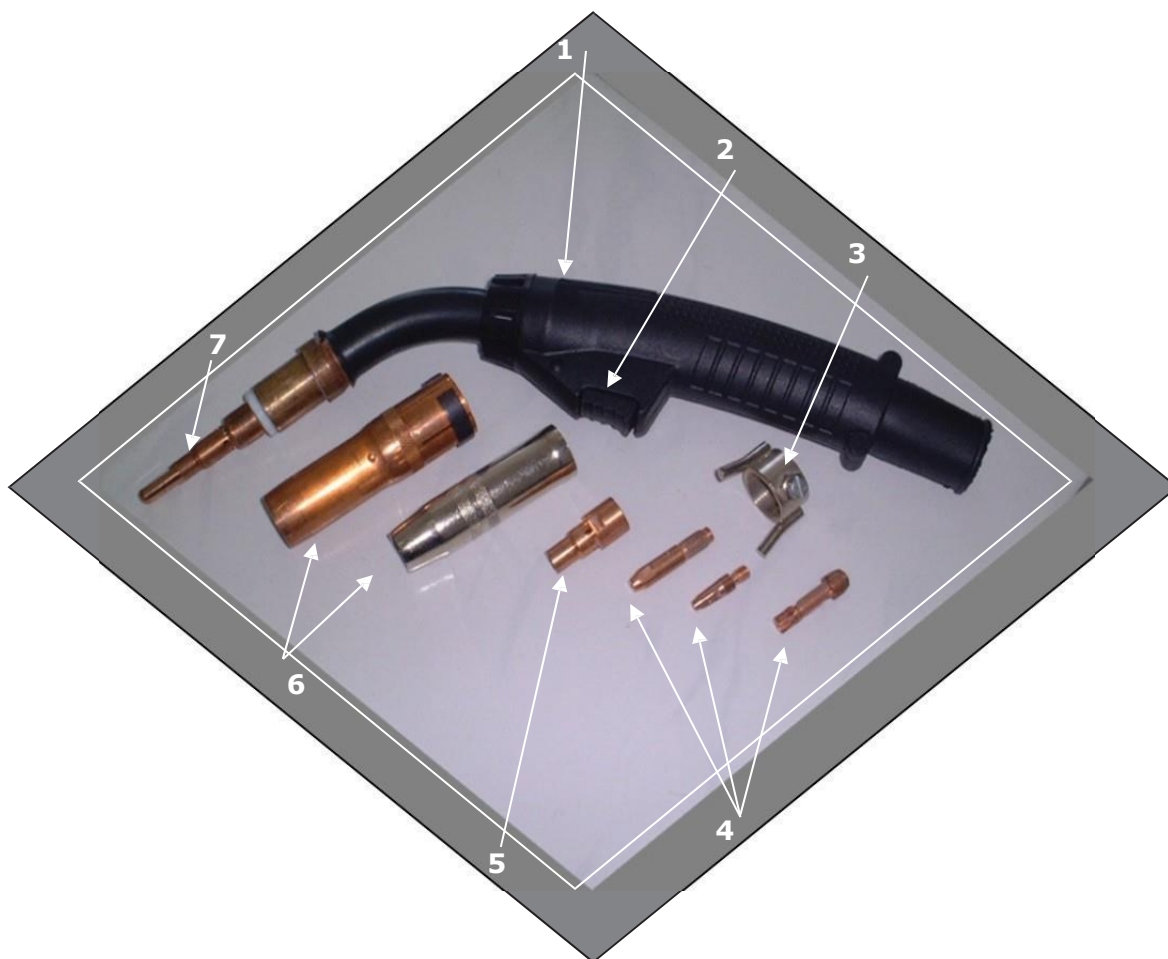


Figura 14 - Cuerpo de la pistola; 2 Interruptor de encendido/apagado o de enclavamiento; 3 Fijación del espaciador de soldadura por puntos; 4 puntas de contacto; 5 Difusor de gas; 6 Cubiertas de gas; 7 Conjunto de la cabeza de la pistola (menos la cubierta). Fuente: TWI

Consumibles de soldeo

La mayoría de los materiales metálicos se pueden soldar utilizando el proceso de soldadura MAG, siempre que sea posible fabricar un consumible de alambre. Las principales consideraciones a la hora de seleccionar los consumibles para la soldadura MAG (es decir, el alambre de relleno y la composición del gas de protección) son las siguientes:

- Composición adecuada para el material base
- Propiedades mecánicas requeridas
- Tasa de deposición
- Posición de soldeo
- Aspecto del cordón y perfil de penetración
- Cuestiones de calidad, por ejemplo, la capacidad de alimentación del hilo
- Cuestiones económicas

Tanto la composición del alambre como la del gas protector son variables esenciales en la soldadura MAG y soldadura fuerte y, por lo tanto, influirán en el rendimiento del proceso.

Selección de electrodos de alambre

Características clave:

- Los alambres están disponibles en una amplia gama de composiciones para adaptarse a diferentes materiales metálicos, por ejemplo, aceros ferríticos, aceros inoxidables austeníticos, aleaciones de aluminio, aleaciones de níquel y aleaciones de titanio
- Los alambres en MAG se especifican normalmente por su composición
- Los alambres se suministran típicamente con diámetros en el rango de 0.8mm a 2.4mm
- El alambre está normalmente disponible en bobinas de 15 kg, pero hay disponibles paquetes grandes (hasta 250 kg) para la soldadura robótica para minimizar el tiempo de inactividad en las operaciones de cambio de alambre
- El alambre se enrolla a menudo en capas para asegurar una alimentación suave
- Los alambres sólidos se utilizan comúnmente, pero los alambres tubulares con núcleo pueden ofrecer beneficios adicionales para algunas aplicaciones



Figura 15 - Bobina de alambre de soldadura MAG. Fuente: Lincoln Electric

Composición del alambre

La selección de la composición adecuada del electrodo de hilo puede ser una tarea difícil. Para la mayoría de las aplicaciones, los alambres están diseñados para dar a los metales de soldadura una composición adecuada al material base. En la práctica, esto significa que las composiciones de alambre tienden a estar ligeramente sobre-alineadas para compensar la combustión de los elementos de aleación en el arco. La composición también puede modificarse para el funcionamiento con una mezcla de gas protector en particular, especialmente para alambres con núcleo metálico y con núcleo de flux.

La selección de los consumibles debe ser confirmada mediante pruebas de soldadura y pruebas de calificación del procedimiento de acuerdo con el Código o las Normas de aplicación aplicables.

Las principales fuentes de información son:

- Manual del fabricante del electrodo
- Departamento técnico del fabricante del electrodo
- Fabricante del material base

- Experiencia previa o procedimientos
- Expertos en su sociedad miembro del EWF (www.ewf.be)

Aceros al carbono y de baja aleación

Los alambres macizos para soldar aceros con gases protectores activos se desoxidan con manganeso y silicio para evitar la porosidad. También puede haber adiciones de titanio y aluminio. Los alambres de relleno de acero dulce están disponibles con diferentes niveles de desoxidantes, conocidos como alambres desoxidados dobles o triples. Los alambres más altamente desoxidados son más caros, pero son más tolerantes a las condiciones de la superficie de la plancha, por ejemplo, la cascarilla de laminación, el óxido superficial, el aceite, la pintura y el polvo. Por lo tanto, puede haber una reducción en la cantidad de limpieza del acero antes de la soldadura.

Estas adiciones de desoxidante producen una pequeña cantidad de escoria 'vidriosa' en la superficie del depósito de soldadura, comúnmente conocida como depósitos de sílice. Estas pequeñas bolsas de escoria se eliminan fácilmente con un ligero cepillado; pero cuando se galvaniza o se pinta después de la soldadura, es necesario utilizar el granallado. Durante la soldadura, es práctica común soldar sobre estos pequeños islotes ya que no representan una escoria gruesa y suelen desprenderse durante la contracción del cordón de soldadura. Sin embargo, al soldar con varias pasadas, el nivel de escoria puede acumularse hasta un nivel inaceptable, causando defectos de soldadura y un arranque de arco poco fiable.

Los alambres de acero usualmente tienen una capa de cobre para mejorar la captación de corriente y extender la vida útil del alambre. Sin embargo, el recubrimiento de cobre a veces puede desprenderse y ser arrastrado hacia el mecanismo de alimentación de la camisa y el alambre, especialmente si hay desalineación en el sistema de alimentación de alambre. Esto puede causar atascos y alimentación errática del alambre. Los alambres no recubiertos están disponibles como una alternativa, aunque

el contacto eléctrico puede no ser tan bueno como con los alambres recubiertos de cobre, y las temperaturas de operación de la punta de contacto pueden ser más altas.

Tipo de alambre

Existen diferentes tipos de alambre disponibles para su uso con equipos MAG, dependiendo de la ruta de fabricación. El alambre puede ser sólido o de construcción tubular. Con los alambres tubulares, es posible modificar la química del contenido del alambre para ajustar la velocidad de combustión, mejorar la estabilidad del arco y producir un flujo. Los alambres tubulares están disponibles principalmente para aceros al carbono, aceros de baja aleación y aceros inoxidable. Para la mayoría de las aplicaciones, los alambres sólidos funcionan adecuadamente, aunque la principal ventaja sobre los alambres tubulares para muchos usuarios es el menor costo de adquisición.

Diámetro del alambre

La selección del diámetro apropiado del alambre depende de una serie de factores, principalmente:

- Modo de transferencia de metal
- Corriente de soldeo
- Tasa de deposición

Estos factores se rigen principalmente por los requisitos de aplicación y productividad.

La velocidad a la que el alambre se introduce en el arco y la corriente necesaria para quemarlo deben equilibrarse para mantener una longitud de arco de equilibrio. Esta relación es una propiedad característica de cada alambre de relleno y de la composición del gas protector y del diámetro del alambre. Este diagrama muestra una serie de curvas de quemado para alambres de acero dulce de diferentes diámetros.

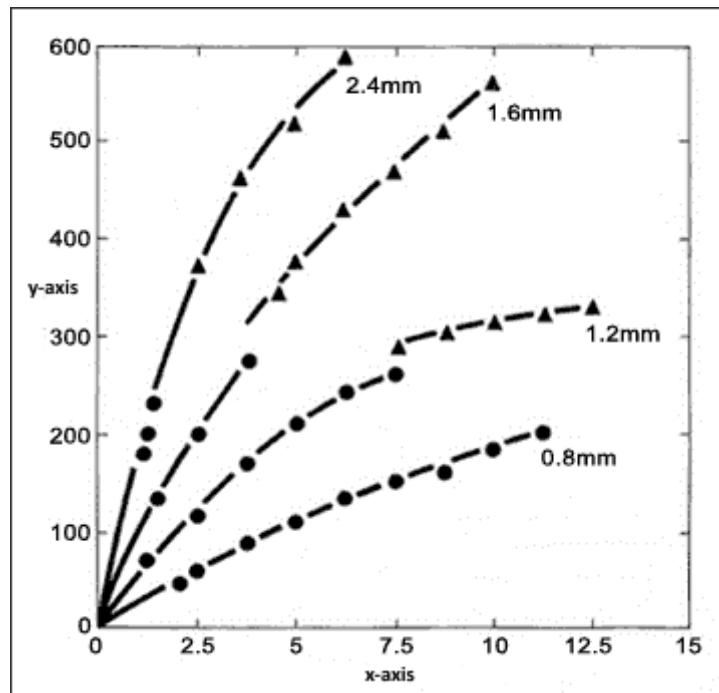


Figura 16 Curvas de quemado. Tenga en cuenta que son para acero dulce con gas de protección de CO₂.

eje y: Corriente -A, eje x: Velocidad de avance del alambre (m/min). Fuente: TWI

Se puede ver que cada tamaño de cable puede ser operado sobre un rango de corrientes y que estos rangos de aplicación se superponen. El fabricante del electrodo normalmente especifica los rangos típicos de corriente de operación para un tamaño de cable en particular. Se trata entonces de asegurar que la corriente de soldadura se encuentre en el rango medio-alto de la capacidad de conducción de corriente.

En general, los alambres de diámetro más pequeño tienen una carga de corriente específica más alta (hasta 300A/mm²) y por lo tanto logran una mayor eficiencia de deposición con la misma corriente de soldadura. Por lo tanto, cuando la información del fabricante no esté disponible, para una corriente de soldadura dada, se debe seleccionar el diámetro de alambre más pequeño aplicable. Sin embargo, los diámetros de alambre más pequeños requieren velocidades de alimentación de alambre más altas para alcanzar las mismas corrientes y puede estar más allá de la capacidad de la unidad de alimentación de alambre para entregar el alambre de manera consistente. El alambre es menos rígido, lo que puede causar problemas de

alimentación. Los alambres de diámetro más pequeño también cuestan más que los alambres más grandes porque son más caros de producir.

Cuando se opera cerca del rango de transferencia por aspersión, las fluctuaciones operativas, por ejemplo, la alimentación errática del alambre, pueden causar el cruce intermitente del umbral de aspersión, lo que puede resultar en una transferencia globular y salpicaduras. En este caso, puede ser beneficioso elegir un alambre de menor diámetro, que funcionará muy por encima de la corriente de transición de pulverización.

Los alambres de mayor diámetro, por ejemplo, 1.4, 1.6 y 2.4 mm, son capaces de funcionar a niveles de corriente más elevados y, por lo tanto, ofrecen mayores velocidades de deposición si el diseño de la unión permite corrientes tan elevadas, por ejemplo, la soldadura en ángulo en la posición PA.

También es necesario considerar las características dinámicas de salida de la fuente de alimentación. Por ejemplo, si no hay control de inductancia en la fuente de energía, se puede lograr una mejor estabilidad del proceso seleccionando un cable de diámetro más pequeño en lugar de un cable de diámetro más grande y tolerando salpicaduras.

Almacenamiento del alambre

Es esencial que todos los cables consumibles estén en perfectas condiciones. Esto es particularmente cierto en el caso de la soldadura MAG, donde la estabilidad del proceso depende de la consistencia de la alimentación del hilo y del contacto eléctrico. Para que esto pueda lograrse y mantenerse, pueden ser necesarias las siguientes medidas de control:

- El alambre debe estar limpio y con el mínimo de grasa y suciedad. Por lo tanto, cuando no se utilizan, los carretes deben devolverse a las tiendas y no dejarse en el equipo durante largos períodos de tiempo. Se deben usar cubiertas protectoras, si están disponibles.

- Si se ha dejado un alambre en el equipo durante un corto período de tiempo, es una buena práctica escurrir al menos una capa de alambre para eliminar la peor de las oxidaciones o contaminaciones de la superficie que puedan haber ocurrido.
- Para el almacenamiento, se deben tener en cuenta factores como la humedad, la temperatura, el apilamiento y la identificación, así como el registro de la expedición/devolución y la fecha de compra. Los carretes deben almacenarse a una temperatura superior al punto de rocío del área local. Deberá prestarse especial atención al almacenamiento y la identificación de los rollos de alambre parcialmente utilizados en los talleres de fabricación o en el lugar de trabajo.

En el momento de la recepción, es común registrar el nombre comercial, la marca, la especificación, el grado y los números de lote de los alambres. La necesidad de registros adecuados dependerá de la criticidad del trabajo a soldar.

Gases

Para soldar aceros de todos los grados, adición controlada de oxígeno o dióxido de carbono (CO₂) para generar un arco estable y proporcionar una buena humectación de las gotas. Debido a que estas adiciones reaccionan con el metal fundido, se denominan gases activos, por lo que la soldadura con gas activo metálico (MAG) es el término técnico para referirse a los aceros de soldadura.

Los gases de blindaje para soldadura al arco y soldadura fuerte se especifican de acuerdo con la Norma EN ISO 14175 "Consumibles de soldadura - Gases y mezclas de gases para soldadura por fusión y procesos afines". Sin embargo, muchos soldadores están más familiarizados con los nombres comerciales de los gases que utilizan, que con la composición o clasificación. El código de clasificación puede utilizarse para identificar el gas de protección en una especificación de procedimiento de soldadura, pero el rango de aprobación normalmente se limita a la composición nominal utilizada en la prueba de cualificación del procedimiento.

100%CO₂

El gas CO₂ no puede soportar la transferencia por aspersión ya que el potencial de ionización del gas es demasiado alto, proporciona una muy buena penetración, pero favorece la transferencia de gotas globulares, además de un arco muy inestable y muchas salpicaduras.

Argón + 15-20%CO₂

El porcentaje de CO₂ u oxígeno depende del tipo de acero que se está soldando y del modo de transferencia de metal utilizado. El argón tiene un potencial de ionización mucho menor y puede mantener la transferencia por aspersión por encima de los 24 voltios de soldadura. El argón da un arco muy estable, pocas salpicaduras, pero menor penetración que el CO₂. El argón y las mezclas de gas 5-20% CO₂ proporcionan el beneficio de ambos gases, es decir, una buena penetración con un arco estable y muy poca salpicadura. El gas CO₂ es mucho más barato que el argón o sus mezclas y es ampliamente utilizado para aceros al carbono y algunos aceros de baja aleación.

Argón + 1-5%CO₂

Ampliamente utilizado para aceros inoxidables y algunos aceros de baja aleación. Se requiere al menos un 2% de CO₂ o un 1% de O₂ en argón para estabilizar las raíces del arco y para promover la humectación del baño de soldadura. Muchas mezclas de gases protectores para aceros al carbono y aceros de baja aleación contienen tanto CO₂ como O₂.

El arco que se forma a bajos niveles de CO₂, hasta un 5%, puede ser relativamente frío y es el más adecuado para soldar materiales de láminas delgadas. Los gases con bajo contenido de CO₂, normalmente menos del 5%, se caracterizan por una pronunciada penetración del "dedo", como se muestra en la imagen superior, especialmente a altos niveles de corriente.

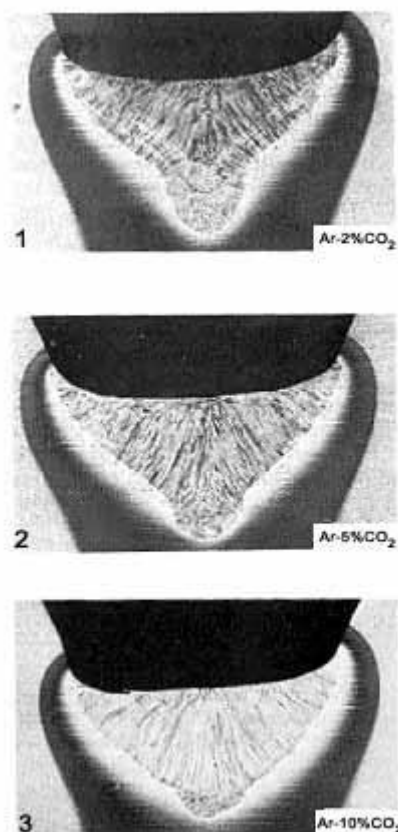


Figura 17 - Cambio en el perfil de penetración con el aumento del contenido de CO2 en las mezclas de gas Ar-CO2. Fuente: TWI

Las mezclas de argón-CO₂ producen un nivel umbral relativamente alto y un modo de transferencia de pulverización estable en comparación con el CO₂ puro. El contenido mínimo de argón para apoyar la transferencia por aspersión axial es 80% argón, 20% CO₂. También se deduce que para la transferencia de impulsos se deben utilizar mezclas con 20%CO₂ o menos. Las mezclas de Argón-CO son también más tolerantes al ajuste de voltaje y generan niveles de salpicaduras sustancialmente más bajos. La tensión superficial del baño de soldadura se reduce.

Dado que el grado de fusión aumenta significativamente con el aumento del contenido de CO₂, los materiales más gruesos se sueldan normalmente con hasta un 25% de CO₂. La penetración de la soldadura aumenta con el aumento del contenido de CO₂ y la extensión del dedo disminuye. Sin embargo, el nivel de salpicaduras también aumenta con el contenido de CO₂, de modo que una mezcla de gas de uso

general de 10 a 15% de CO₂ proporciona un compromiso entre el perfil de fusión y la estabilidad para la soldadura de uso general. Los caudales típicos son de 12-18 l/min.

Combinaciones Argón-O₂

La adición de oxígeno es una alternativa al CO₂ para estabilizar el arco y promover la humectación del baño de soldadura; el 2% de O₂ proporciona una atmósfera oxidante equivalente al 5% de CO₂ y produce beneficios similares de mayor estabilidad y un perfil de cordón de soldadura más suave. El oxígeno genera un arco más rígido que el CO₂, lo que puede ayudar a minimizar la subcorte; por lo tanto, es ideal para el modo de transferencia por pulverización, con un nivel de transición bien definido. A altos niveles de corriente, produce la característica penetración de cordones de soldadura de tipo "finger".

Combinaciones Argón-helio-CO₂ -O₂

El helio tiene un mayor potencial de ionización que el argón. Esto produce un mayor voltaje de arco, y el arco formado es considerablemente más caliente que con los gases a base de argón. Cuando se sustituye el argón en las mezclas de argón-CO₂, esto a menudo puede promover velocidades de soldadura más altas y mejorar el perfil de penetración del cordón de soldadura (penetración en forma de tazón más profundo y un perfil de superficie más plano). Estas mezclas son especialmente adecuadas para la soldadura mecanizada, pero son más caras que las mezclas a base de argón.

Esta tabla resume las mezclas de gases para diferentes modos de transferencia y espesores de acero; el azul es una mezcla de gases más fría; el rojo es una mezcla más caliente.

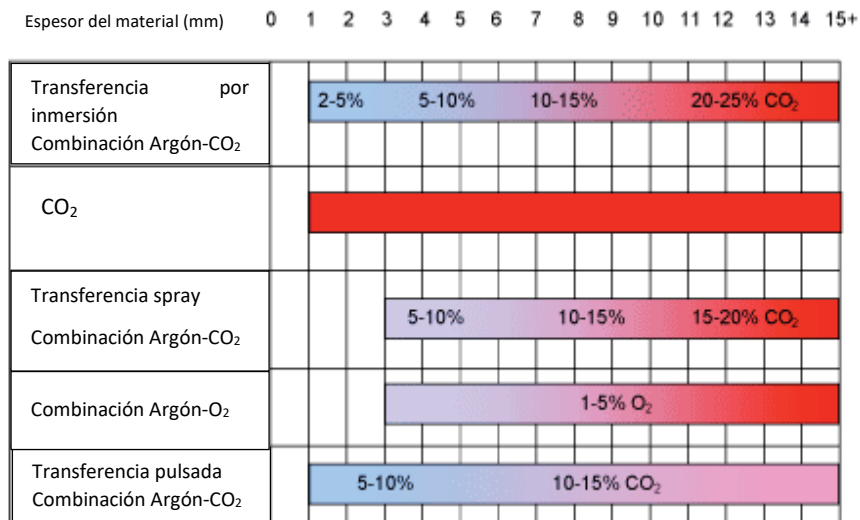


Figura 18 - Mezclas de gas protector activo para la soldadura MAG de aceros al carbono, C-Mn y aceros de baja aleación. El azul es un gas de mezcla más frío y el rojo más caliente. Fuente: TWI

Una mezcla de gases más caliente minimiza el riesgo de falta de defectos de fusión en la transferencia por inmersión y de defectos de lapeado en frío en la transferencia por aspersión. Es probable que las mezclas de gases más calientes produzcan velocidades más altas, y son adecuadas para materiales gruesos, aplicaciones mecanizadas y aplicaciones descendentes, particularmente soldaduras en ángulo. Las mezclas más frías son adecuadas para la soldadura de chapas delgadas y la soldadura en todas las posiciones con modos de transferencia de baja entrada de calor. Cuando se utiliza una condición de soldadura de baja entrada de calor en materiales más gruesos, es aconsejable seleccionar una mezcla de gases más caliente para ayudar a minimizar el riesgo de defectos. Cuando se utiliza la transferencia por pulverización, existe un riesgo mínimo de falta de defectos de fusión, y una mezcla de gases más fría puede ser beneficiosa para optimizar la transferencia de metal y el perfil del cordón.

Para la transferencia pulsada, es necesario llegar a un compromiso entre lograr buenas características de transferencia de metal y reducir el riesgo de ausencia de defectos de fusión, pero manteniendo una baja entrada de calor y estabilidad del arco.

Las mezclas de gases con helio en lugar de argón proporcionan un arco más caliente, un baño de soldadura más fluido y un mejor perfil de soldadura. Estas mezclas cuaternarias permiten velocidades de soldadura más altas, pero pueden no ser adecuadas para secciones delgadas.

La selección de los gases de blindaje para la soldadura MAG y la soldadura fuerte depende principalmente del tipo de material y del modo de transferencia de metal (y por lo tanto del espesor del material). Sin embargo, no siempre es posible especificar rangos de composición precisos para mezclas de gases para materiales o aplicaciones específicos. La elección del gas es a menudo un compromiso entre conseguir una transferencia estable del metal, minimizar el riesgo de defectos y obtener el perfil de cordón deseado, la penetración y considerar cualquier efecto metalúrgico de la oxidación. La economía de la selección de los gases de protección también debe tenerse en cuenta, ya que se pueden obtener beneficios considerables en la velocidad de soldadura y en la reducción de las tasas de rechazo si se elige una mezcla de gases más costosa. Se debe utilizar siempre el gas de protección especificado en el procedimiento de soldadura o en las instrucciones de reparación.

Mezclas de gases protectores para soldadura MAG - resumen

Metal	Gas protector	Comportamiento de la reacción	Características
Acero al carbono	Argón-CO ₂	Ligeramente oxidante	El aumento del contenido de CO ₂ proporciona un arco más caliente, una mejor estabilidad del arco, una penetración más profunda, la transición del perfil de penetración en forma de "dedo" al perfil de penetración en forma de tazón, un baño de soldadura más fluido que proporciona un cordón de soldadura más plano con una buena humectación, mayores niveles de salpicaduras, mejor tenacidad que el CO ₂ . Mínimo 80% de argón para la transferencia por pulverización axial. Mezcla de uso general: Argón-10-15%CO ₂ .
	Argón-O ₂	Ligeramente oxidante	Arco más rígido que las mezclas de Ar-CO ₂ , minimiza la subcorte, adecuado para el modo de transferencia por aspersión, penetración más baja que las mezclas de Ar-CO ₂ , penetración de cordones de soldadura tipo "finger" a altos niveles

de corriente. Mezcla de uso general: Argón-3%CO ₂ .		
Argón-helio-CO ₂	Ligeramente oxidante	La sustitución del helio por el argón proporciona un arco más caliente, una tensión de arco más alta, un baño de soldadura más fluido, un perfil de cordón más plano, un perfil de penetración más profundo y en forma de tazón y una mayor velocidad de soldadura, en comparación con las mezclas de Ar-CO ₂ . Alto coste.
CO ₂	Oxidante	Voltajes de arco 2-3V más altos que las mezclas de Ar-CO ₂ , mejor penetración, velocidades de soldadura más altas, transferencia por inmersión o técnica de arco enterrado solamente, rango de trabajo estrecho, altos niveles de salpicaduras, bajo coste.

Table 1 – Summary.

Ajuste correcto del caudal

Una de las funciones del gas de protección es evitar la contaminación de la soldadura excluyendo el aire circundante. El caudal del gas es, por lo tanto, un parámetro importante: si se ajusta demasiado bajo, la atmósfera de apantallamiento es simplemente aire diluido e ineficaz; si se ajusta demasiado alto, puede causar turbulencia en la corriente de gas y provocar el arrastre de aire.

La selección correcta del diámetro de la boquilla de la pistola de soldar depende del tamaño del baño de soldadura que se debe proteger; por lo tanto, con corrientes de soldadura más altas, se requieren boquillas y caudales más grandes.

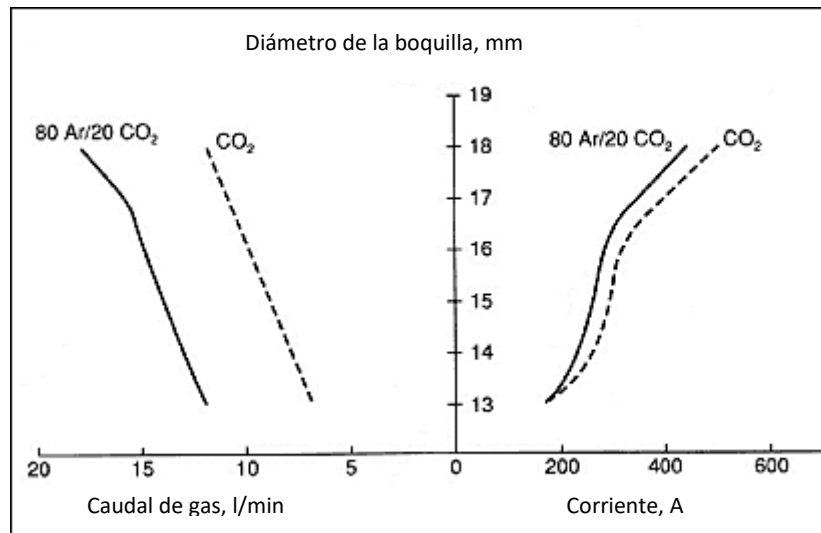


Figura 19 - Caudales de gas típicos para diferentes diámetros de boquilla y corrientes de soldadura (tamaños del baño de soldadura). Fuente: TWI

El flujo de gas debe aumentarse ligeramente en las corrientes de aire, o cuando el diámetro de la boquilla, la distancia entre la boquilla y la placa, la corriente, el voltaje del arco y la velocidad de soldadura aumentan. Se deben evitar los tejidos anchos, ya que la porosidad puede ser el resultado de una protección inadecuada del gas.

En el taller

Equipo de soldeo

Comprobación visual para asegurar que el equipo de soldeo está en buenas condiciones.

Hilo de electrode

El diámetro, la especificación y la calidad del alambre son los principales rubros de inspección. El nivel de desoxidación del alambre es un factor importante, ya que se dispone de alambres desoxidados simples, dobles y triples.

uanto mayor sea el nivel de desoxidantes en el alambre, menor será la posibilidad de porosidad en la soldadura. La calidad del bobinado del alambre, el recubrimiento de

cobre y el temple también son factores importantes para minimizar los problemas de alimentación del alambre.

Rodillos y camisas de accionamiento

Compruebe que los rodillos de accionamiento son del tamaño correcto para el alambre y que la presión es apretada a mano o simplemente suficiente para accionar el alambre. El exceso de presión deformará el alambre a una forma ovular, lo que dificulta mucho el paso a través del revestimiento, lo que produce un arco en la punta de contacto y un desgaste excesivo de la punta de contacto y el revestimiento.

Compruebe que el forro es del tipo y tamaño correctos para el alambre. Un tamaño de liner generalmente se ajusta a dos tamaños de alambre, es decir, 0.6 y 0.8, 1 y 1.2, 1.4 y 1.6 mm de diámetro. Los revestimientos de acero se utilizan para los alambres de acero y el teflón para los alambres de aluminio.

Punta de contacto

Compruebe que la punta de contacto es del tamaño adecuado para el cable que se va a conducir. Compruebe con frecuencia la punta de contacto para ver si está desgastada y reemplace la punta de contacto con regularidad.

Conexiones

Compruebe que todas las conexiones en el circuito de soldadura estén seguras y que los cables estén en buenas condiciones.

Gas y caudal de gas

El tipo de gas utilizado es extremadamente importante para la soldadura MAG y soldadura fuerte, así como el caudal del cilindro, que debe ser adecuado para proporcionar una protección eficaz. Confirmar la composición del gas frente a los requisitos del procedimiento de soldadura y ajustar el caudal de gas.

Otros parámetros variables de soldeo

38

Se debe comprobar la velocidad correcta de alimentación del hilo, la tensión, la velocidad de desplazamiento y todas las demás variables esenciales del proceso que figuran en el procedimiento de soldadura/soldadura fuerte aprobado.

Comprobaciones de seguridad

Compruebe la capacidad de carga de corriente o el ciclo de trabajo del equipo y el aislamiento eléctrico. Compruebe que los sistemas de extracción funcionan correctamente y que están colocados para evitar la exposición a los humos. Verificar la disponibilidad y el estado de todos los EPI y pantallas necesarios.

Soldador

Comprobar que el soldador está cualificado para soldar el procedimiento que se está utilizando.

Preparación del taller de soldadura:

Documentación ¿Qué documentos necesita tener antes de soldar?

Documentos de salud, seguridad y medio ambiente:

.....
.....

Documentos de soldeo:

.....
.....

Equipo de protección individual: Enumere el EPI que necesita y realice la inspección previa al uso.

.....
.....
.....



Equipos de ventilación y extracción: Realizar la inspección previa al uso, posicionar y operar el equipo.

Notas:

Equipo de soldadura MAG/soldadura fuerte: Realice la inspección previa al uso, compruebe los registros de mantenimiento y calibración, desmonte y vuelva a montar el soplete de soldadura e instale el consumible.

Notas:

Su formación práctica comenzará con un cordón en la chapa y será guiado por su instructor de soldadura para avanzar a través de los siguientes tipos de juntas y posiciones de soldadura con suficientes probetas para lograr una confianza y calidad de unión adecuadas:

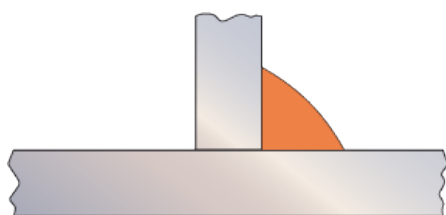
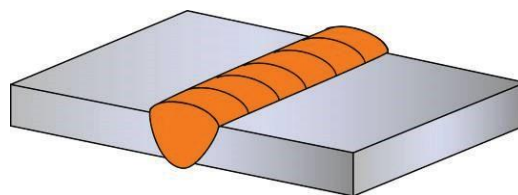
Formación práctica en soldadura				Grupo de materiales 1 (ISO/TR 15608)	
Nº.	Tipo de soldeo	Espesor recomendado [mm]	Posición de soldeo	Esquema	Proceso 135 y 973
					Observaciones
1	Cordón en la chapa	Ilimitado	PA / PF / PG		proceso 135 y 973
2	Soldadura en ángulo, unión en T	$t > 1$	PA		pasada única
3	Soldadura en ángulo, unión en T	$t > 1$	PB		pasada única, soldadura en esquina
4	Soldadura a tope	$t > 1$	PA		Único lado, sin respaldo, multipasada
5	Soldadura en ángulo, unión en esquina	$t > 1$	PG		pasada única, penetración
6	Soldadura en ángulo, unión en T	$t \leq 1,2$	PD		pasada única
7	Soldadura en ángulo, unión en T	$t \leq 1,2$	PG		pasada única
8	Soldadura a tope	$t \leq 1,2$	PE		Único lado, sin respaldo
9	Soldadura a tope	$t \leq 1,2$	PG		Único lado, sin respaldo

Tabla 2 – Tipos de unión. Fuente: TWI

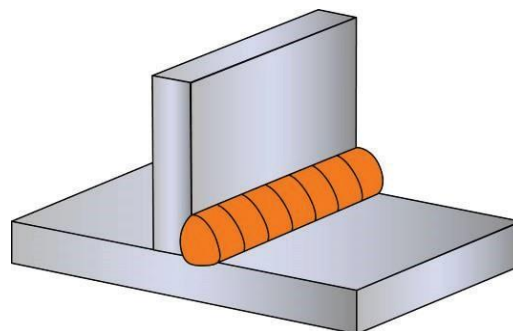
Estos diversos tipos de juntas pueden estar unidos sólo por dos tipos de soldadura. En primer lugar, la soldadura a tope, en la que la soldadura se encuentra dentro del plano de los componentes que se van a unir y, en segundo lugar, la soldadura en ángulo, en la que la soldadura está total o casi totalmente fuera del plano de los componentes.



Soldadura a tope



Soldadura en ángulo



Figures 20 and 21 – Soldeo a tope y en ángulo

Las soldaduras en ángulo son probablemente el tipo más común de soldadura, pueden ser usadas para hacer uniones en T, esquinas y solapes.



Figura 22 – Soldadura en ángulo en T, soldadura en esquina en ángulo y soldeo a solape en ángulo. Fuente: TWI

Una soldadura en ángulo tiene una forma aproximadamente triangular, siendo el tamaño definido por la longitud de la garganta de la soldadura o la longitud de la pata, como se muestra en la figura.

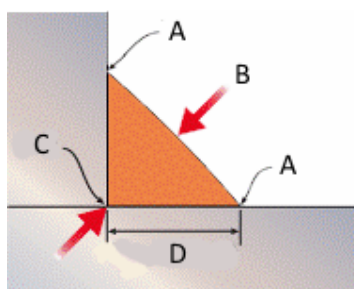
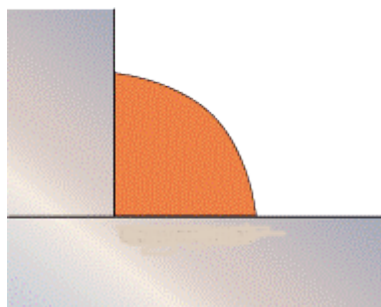
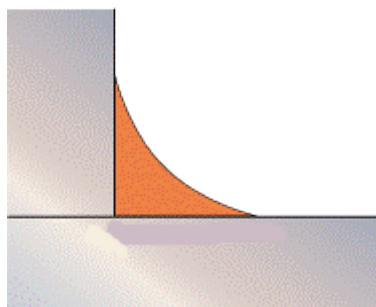


Figura 23 – Soldadura en ángulo. A. Pie; B. Garganta(a); C. Raíz; D. Longitud de la pierna (z). Fuente: TWI



Ángulo convexo



Ángulo cóncavo

Figura 24 and 25 - Términos utilizados para describir las características de una soldadura en ángulo. Fuente: TWI

Las dimensiones de las soldaduras en ángulo deben especificarse preferiblemente haciendo referencia al grosor de la garganta 'a', aunque la longitud de pierna 'z' se utiliza a menudo y puede ser más fácil de medir durante la inspección de las soldaduras. Convencionalmente, las longitudes de las patas se consideran de dimensiones iguales, la soldadura forma un triángulo isósceles en la sección transversal.

El ángulo convexo es generalmente indeseable porque:

- a) la unión del metal de soldadura con el metal base en la punta de la soldadura puede formar un importante elevador de tensión y afectará negativamente tanto a la vida a la fatiga como a la resistencia a la fractura frágil;
- b) el exceso de metal de soldadura cuesta tiempo y dinero para depositar sin contribuir a la resistencia de la unión.

La soldadura cóncava en ángulo puede ser beneficiosa con respecto a la resistencia a la fatiga y, si es necesario, se DEBE especificar el espesor mínimo de la garganta.

Las soldaduras en ángulo son menos costosas que las soldaduras a tope, ya que no es necesario cortar o mecanizar una preparación de soldadura.

Para permitir la unión de chapas más gruesas mediante "soldadura por puntos", se puede mecanizar un agujero circular o alargado a través de la placa superior, lo que permite realizar una soldadura de tapón o de ranura rellenando el agujero con metal de soldadura. Aunque esto puede parecer un proceso simple y fácil, la resistencia de este tipo de unión depende de la fusión completa del metal de soldadura con la pared vertical del agujero cortado en la placa superior. Al igual que con una soldadura en ángulo, la falta de fusión en esta área resultará en una reducción del grosor de la garganta de la unión. Por lo tanto, es esencial que el soldador dirija el arco de soldadura hacia la esquina inferior de la unión y no se limite a introducir el metal de soldadura en el orificio. Con soldaduras de ojal de diámetro pequeño esto puede ser una operación difícil y hábil y los soldadores necesitan estar adecuadamente entrenados para asegurar que puedan lograr una fusión completa.

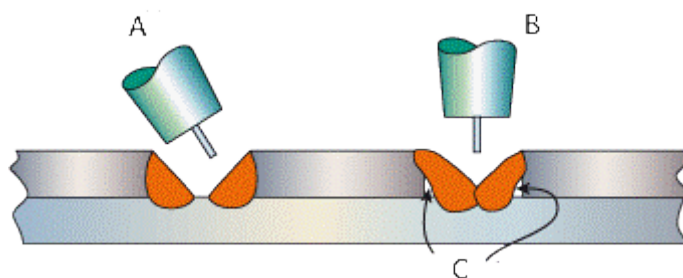


Figura 26 – Ángulo de la pistola. A. Ángulo correcto de la pistola, B. Ángulo incorrecto de la pistola, C. Falta de fusión.
Fuente: TWI

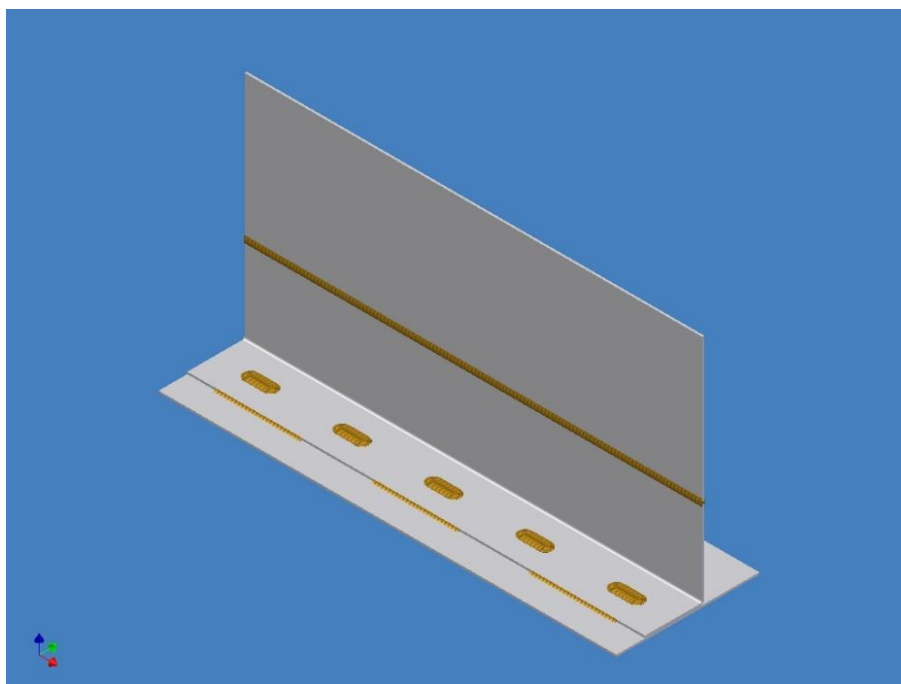


Figura 27 - Soldaduras de ojal y ranura. Fuente: TWI

Dado que la resistencia del ojal o de la ranura soldada viene determinada por la garganta, puede que no sea necesario rellenar el orificio por completo, a menos que la soldadura esté a ras con la superficie de la placa por razones estéticas. Además de ser innecesario desde el punto de vista de la resistencia de la unión, un agujero completamente lleno tendrá altas tensiones residuales. Estos pueden causar distorsiones inaceptables y aumentarán el riesgo de agrietamiento en frío en aceros al carbono y aceros de baja aleación.

1.2.2 Soldadura MAG y procesos de GMAW

El proceso de soldadura MAG es una técnica versátil adecuada tanto para piezas de chapa fina como de sección gruesa en la mayoría de los materiales metálicos.

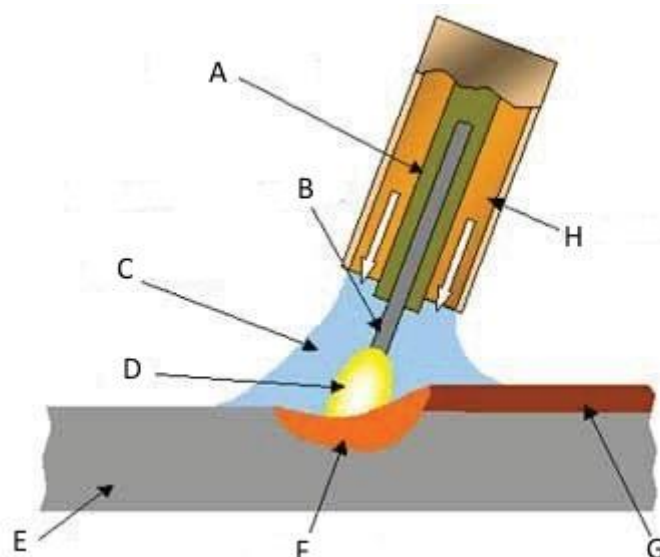


Figura 28 - El proceso de soldadura MAG. A. Tubo de contacto, B. Electrodo consumible, C. Cortina de gas, D. Arco, E. Pieza de trabajo, F. Baño de soldadura, G. Metal de soldadura, H. Boquilla de gas. Fuente: TWI

Se produce un arco entre el extremo del electrodo consumible y la pieza de trabajo, que se funde para formar un baño de soldadura. El alambre consumible sirve como fuente de calor (a través del arco en la punta del alambre) y metal de relleno para la unión y se alimenta a través de un tubo de contacto de cobre (también llamado punta de contacto), que conduce la corriente de soldadura hacia el alambre. El baño de soldadura está protegido de la atmósfera circundante por un gas protector alimentado a través de una boquilla que rodea el alambre. La selección del gas protector depende del material a soldar y de la aplicación. El alambre es alimentado desde un carrete por un motor y el soldador mueve la pistola de soldar o el soplete a lo largo de la línea de unión. El proceso ofrece una alta productividad y es económico porque el alambre consumible se alimenta continuamente.

El proceso MAG utiliza equipos semiautomáticos. Se llama semiautomática porque la velocidad de avance del alambre y la longitud del arco se controlan automáticamente, pero la velocidad de desplazamiento y la posición del alambre están bajo control manual.

El proceso de soldadura con arco protegida con gas - soldeo fuerte es una variante del proceso de soldadura MAG, en el que el equipo MAG se utiliza con consumibles

de soldadura con arco protegido con gas. Estos alambres de relleno son normalmente del tipo de silicona o bronce de fósforo para aceros de soldadura fuerte. Los consumibles de soldadura fuerte se funden a una temperatura más baja que el material de origen y forman una unión soldada, en la que el metal de aportación humedece la superficie de la placa en lugar de fusionarse con ella. La resistencia de la junta no es tan buena como la del material de base. El proceso se utiliza a menudo para soldaduras cosméticas en material de lámina delgada, donde es deseable un bajo aporte de calor.

La aplicación más común del proceso de soldadura con arco protegida con gas – soldeo fuerte en la reparación de automóviles se utiliza normalmente en áreas de difícil acceso con una pistola de soldadura por puntos de resistencia o para fijar paneles de carrocería de repuesto, cuando la perforación o el mecanizado a través de la chapa de la parte superior se utiliza para producir un ojal o una soldadura de reborde.

1.2.3 Especificaciones de la soldadura con MAG-Brazing

El proceso de soldadura fuerte es una variante del proceso de soldadura MAG, en el que la mayoría de las variables esenciales del proceso son idénticas a los procesos de soldadura MAG convencionales. Sin embargo, en el proceso de soldadura fuerte, el punto de fusión de los alambres de relleno es significativamente menor en relación con el punto de fusión del material de partida. Durante el proceso de soldadura por arco, el alambre de relleno se funde a temperaturas que normalmente superan los 1600°C, mientras que para la soldadura fuerte el alambre se funde a menos de 1000°C.

Al igual que en el proceso de soldadura MAG estándar, un electrodo de hilo alimentado continuamente se funde mediante un arco formado entre el electrodo y la pieza de trabajo, pero no se produce una fusión o fusión significativa del metal de origen debido a la menor temperatura. El metal fundido fluye hacia el espacio entre las partes a unir y se solidifica después de mojarse a través o entre las superficies a través de la acción capilar para formar la unión sólida. A continuación, se muestra un ejemplo de una unión formada por el proceso de soldadura fuerte MAG.

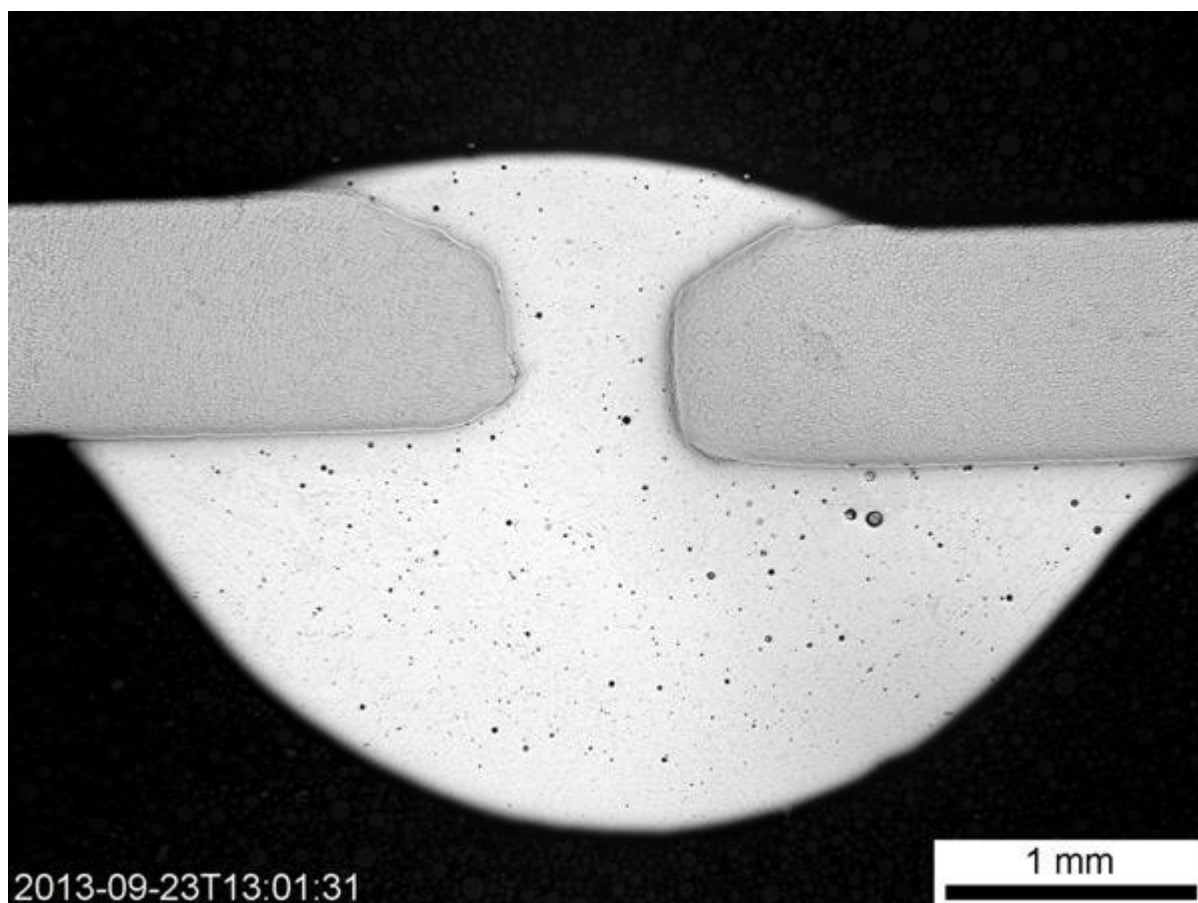


Figura 29 - Una unión a tope de soldadura fuerte con arco protegido con gas. Fuente: TWI

La reducción de la corriente y de la tensión también se traduce en un ahorro de energía y permite soldar chapas muy finas (hasta 0,2 mm). Sin embargo, este proceso no es adecuado para su uso en materiales gruesos, con un límite superior de espesor de aproximadamente 3 mm. También es necesario garantizar un acceso suficiente para la pistola de soldadura fuerte y la cubierta de gas asociada, por lo que el diseño de la unión debe considerarse cuidadosamente.

1.2.4 Características de la soldadura MAG-Brazing

El proceso de soldadura fuerte se considera una excelente opción para la unión de aceros de chapa fina recubiertos (por ejemplo, galvanizados). Estos aceros, cuando se sueldan mediante un proceso tradicional de soldadura por arco, producen grandes cantidades de vapor de zinc. Esto tiene varios efectos negativos. En primer lugar, el vapor puede causar defectos en la soldadura, como poros o huecos de gas, que

reducen la resistencia de la unión soldada. En segundo lugar, la pérdida de zinc de la superficie del material base resulta en una reducción significativa de sus propiedades resistentes a la corrosión, lo que a veces hace necesario el recubrimiento del acero.

El proceso de soldadura también introduce calor significativo en el metal base, resultando en una distorsión significativa y una amplia zona afectada por el calor. Estos efectos pueden reducirse utilizando un proceso de soldadura fuerte, debido al menor calor necesario para fundir los alambres de relleno en comparación con un proceso de soldadura estándar. La reducción del daño al recubrimiento de zinc significa que todavía proporcionará protección galvánica al acero base incluso en la región de 1-2 mm alrededor de la junta donde se ha perdido el recubrimiento. Esto también produce menos humos de soldadura que contienen zinc.

Una investigación de TWI sobre el uso de la soldadura al arco para la unión de chapa DP600 galvanizada de 1 mm de espesor con un metal de aportación CuSi3 demostró que, con el ajuste correcto de la unión y los parámetros de proceso adecuados, la resistencia de la unión es capaz de superar la resistencia a la tracción máxima (UTS) de la placa madre. La adhesión del material de soldadura en las superficies superior e inferior de la chapa DP600 proporciona una resistencia suficiente para que la unión total tenga un UTS superior a 600MPa, a pesar de que el UTS del relleno es de aproximadamente 350MPa.

El proceso de unión y los consumibles especificados en el procedimiento de soldeo o soldadura fuerte o en las instrucciones de reparación deben utilizarse siempre.

1.2.5 Preparación de soldadura fuerte en la reparación de carrocerías de automóviles

Asegúrese de que las superficies a soldar estén limpias desde el punto de vista metálico, sin dañar el revestimiento. Se puede utilizar una amplia gama de configuraciones de unión, incluyendo limas a tope, de regazo y en te. El diseño de la unión debe construirse de manera que proporcione una buena humectación y acción

capilar del material de soldadura y asegure que las tensiones no se coloquen directamente en el metal de soldadura como tensiones de tracción. La tensión necesita ser soportada a través de las superficies adhesivas del metal de soldadura fuerte al material base. Una separación del orden de 0,5-1 mm entre los componentes que se van a unir permitirá que el metal de la soldadura fuerte fluya con éxito hacia la unión, mejorando la adhesión y aumentando la resistencia de la unión. Sin embargo, es importante notar que un espacio de unión demasiado grande, especialmente para uniones a tope, resultará en que toda la tensión sobre el componente se realice como una resistencia a la tracción en la llenadora de soldadura fuerte, resultando en un fallo de la unión a una temperatura UTS más baja.

Es probable que la fuente de alimentación funcione a una potencia inferior a la que se utilizaría normalmente para la soldadura MAG estándar y también se puede utilizar con corriente continua o pulsada. Normalmente se utiliza un arco de cortocircuito. Debido a la naturaleza del proceso de soldadura fuerte, el cordón de soldadura fuerte no tendrá una apariencia tan superficial como un cordón de soldadura fuerte. No es necesario aumentar la corriente para aplanar el cordón de soldadura ya que esto reducirá el valor de la soldadura fuerte como un proceso de baja entrada de calor.

Es necesario seleccionar y controlar muy cuidadosamente los parámetros del proceso, ya que la alta fluidez de la soldadura fuerte a base de cobre da como resultado un baño de soldadura mucho más "móvil". Esto puede fácilmente penetrar en exceso o formar una apariencia indeseable del cordón si no se controla.

La pistola se utiliza en una orientación de "empuje" (de aproximadamente 70-80°) para permitir el precalentamiento de la placa y la eliminación de cualquier recubrimiento antes del baño de soldadura, con la pistola colocada simétricamente entre las dos superficies de la unión (por ejemplo, a 45° para un ángulo en T). Este ángulo de la pistola también reduce la probabilidad de una penetración excesiva, ya sea a través de la abertura o en el metal base.

1.2.6 Aplicación técnica de MAG y Brazing en la reparación de carrocerías de automóviles

50

Variables primarias del proceso MAG

- Corriente de soldeo/velocidad de avance del hilo.
- Voltaje.
- Gases.
- Velocidad de desplazamiento y orientación del electrodo.
- Inductancia.
- Distancia de trabajo de la punta de contacto (CTWD).
- Distancia de trabajo de la boquilla.
- Boquilla de gas protector.
- Tipo de transferencia de metal.

Velocidad de avance del hilo

El aumento de la velocidad de alimentación del alambre aumenta automáticamente la corriente en el alambre. Los alambres se producen generalmente en diámetros de 0.6, 0.8, 1, 1.2, 1.4 y 1.6 mm.

Voltaje

El ajuste más importante en la transferencia de pulverización, ya que controla la longitud del arco. En la transferencia por inmersión también afecta el aumento de la corriente y la entrada de calor total en la soldadura. Aumente la velocidad/corriente de alimentación del alambre y el voltaje aumentará la entrada de calor. Es necesario comprobar la solidez de las conexiones de soldadura, ya que cualquier conexión suelta dará lugar a una resistencia y provocará una caída de tensión en el circuito, lo que afectará a las características del arco de soldadura. El voltaje afectará el tipo de transferencia alcanzable, pero esto también depende en gran medida del tipo de gas que se utilice.

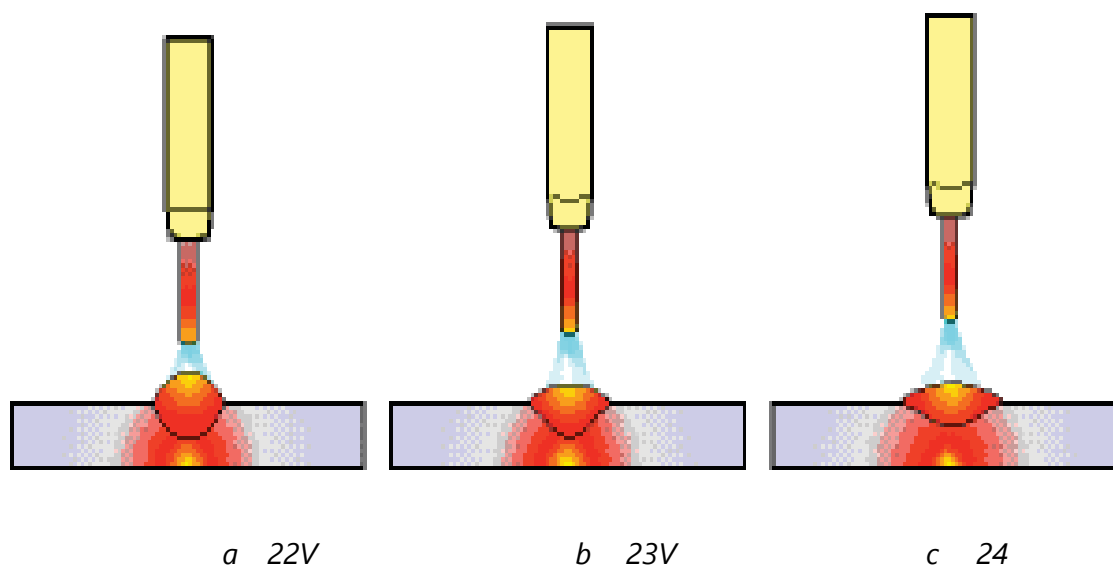


Figura 30 - El efecto del voltaje del arco: a Aumento del voltaje del arco; b Reducción de la penetración, aumento de la anchura; c El voltaje excesivo puede causar porosidad, salpicaduras y socavaduras. Fuente: TWI

El efecto de la tensión del arco:

- a. Aumento de la tensión del arco;
- b. Penetración reducida, mayor anchura;
- c. Un voltaje excesivo puede causar porosidad, salpicaduras y mordeduras.

Velocidad de desplazamiento y orientación del electrode

Una velocidad de desplazamiento más rápida da como resultado una menor penetración, un ancho de cordón más estrecho y un mayor riesgo de mordeduras.



Figura 31 - El efecto del aumento de la velocidad de desplazamiento. Fuente: TWI

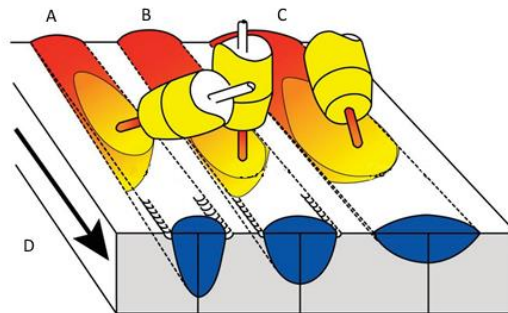


Figura 32 - A. A derechas, B. Vertical, C. A izquierdas, D. Sentido de la marcha. Fuente: TWI

Penetración	Profunda	Moderado	Poco profunda
Exceso de metal de soldadura	Máximo	Moderado	Mínimo
Mordeduras	Severo	Moderado	Mínimo

Tabla 3 – Efecto del ángulo de la pistola.

Efecto de la distancia entre la punta y la pieza de trabajo

El CTWD influye en la corriente de soldadura debido al calentamiento resistivo en la extensión del electrodo. La corriente de soldadura necesaria para fundir el electrodo a la velocidad requerida para que coincida con la velocidad de alimentación del hilo se reduce a medida que aumenta el CTWD. Las prolongaciones largas de los electrodos pueden causar falta de penetración, por ejemplo, en uniones con espacios estrechos o con una mala manipulación de la pistola de soldar. Por el contrario, la corriente de soldadura aumenta cuando se reduce el CTWD. Esto proporciona al soldador experimentado un medio para controlar la corriente durante la soldadura, pero puede dar lugar a una penetración variable en la soldadura manual con una fuente de alimentación de tensión constante.

En CTWDs cortos, el calor irradiado del baño de soldadura puede causar sobrecalentamiento del tubo de contacto y de la pistola de soldadura, lo que puede conducir a la adherencia de salpicaduras y a un mayor desgaste del tubo de contacto.

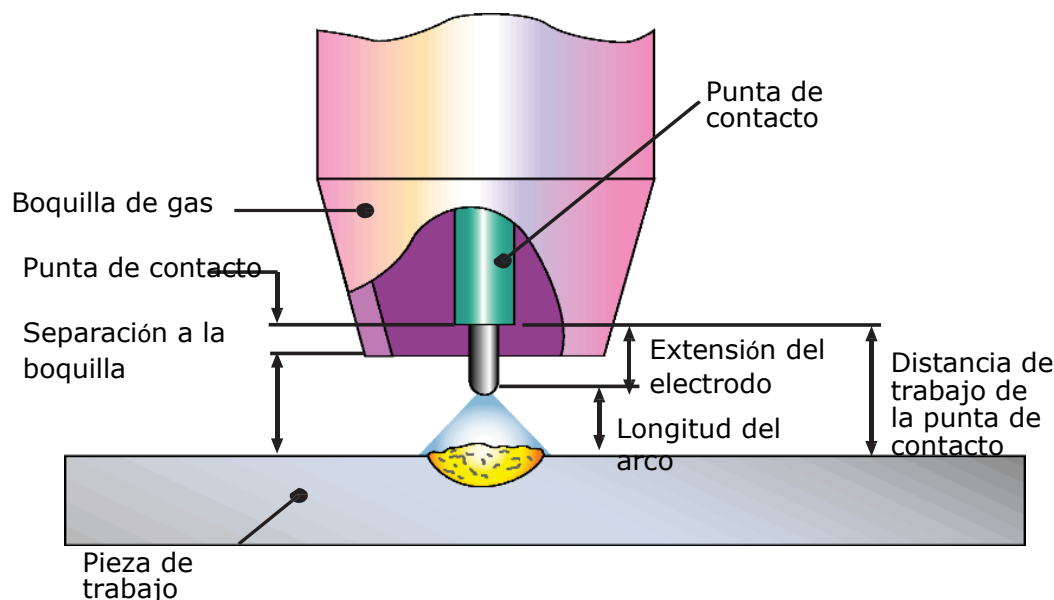


Figura 33 – Distancia de trabajo de la punta de contacto a la pieza de trabajo; extensión del electrodo y distancia de la boquilla a la pieza de trabajo. Fuente: TWI

A medida que se aumenta la extensión del electrodo, la tasa de quemado aumenta para una corriente de soldadura dada debido al aumento del calentamiento resistivo. El aumento de la extensión del electrodo, por ejemplo en aplicaciones mecanizadas, es por lo tanto una forma de aumentar los índices de deposición, ya que la velocidad de alimentación del hilo se incrementa para mantener la corriente de soldadura requerida.

El calentamiento resistivo depende de la resistividad del electrodo, la longitud de extensión del electrodo y el diámetro del alambre, por lo que es más pronunciado para los materiales de soldadura que tienen alta resistividad, como los aceros. La extensión del electrodo debe mantenerse pequeña cuando se utilizan alambres de diámetro

pequeño para evitar el calentamiento excesivo del alambre y evitar la mala forma del cordón resultante.

54

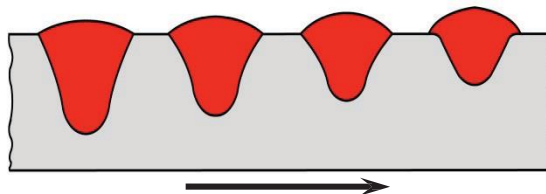


Figure 34 - Effect of increasing electrode extension. Source: TWI

La extensión del electrodo debe ser comprobada cuando se instalen las condiciones de soldadura o cuando se monte un nuevo tubo de contacto. Normalmente se mide desde el tubo de contacto hasta la pieza de trabajo.

Los CTWDs sugeridos para los principales modos de transferencia de metal son:

Modo de transferencia de metal	CTWD, mm
Inmersión	10-15
Spray	20-25
Pulsado	15-20

Tabla 4 - Modo de transferencia de metal. Fuente: TWI

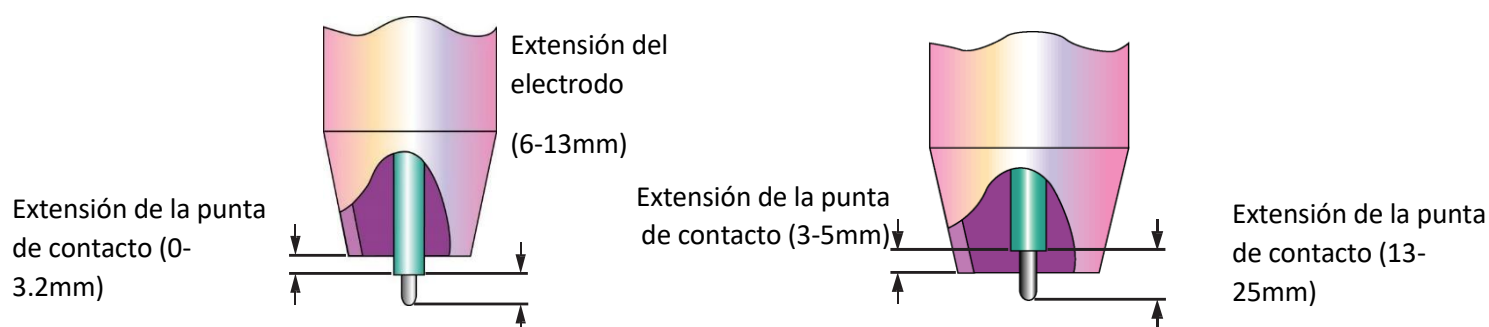


Figura 35 Sugerencias de distancia de contacto entre la punta y la pieza de trabajo. Fuente: TWI.

Efecto de la distancia de la boquilla a la pieza de trabajo

La distancia entre la boquilla y el lugar de trabajo tiene un efecto considerable en la eficiencia del blindaje de gas con una disminución de la rigidez de la columna. La distancia de trabajo de la boquilla es típicamente de 12-15mm. Sin embargo, si el CTWD se reduce simultáneamente, la velocidad de deposición a una corriente dada disminuye y la visibilidad y la accesibilidad se ven afectadas, por lo que en la práctica es necesario llegar a un compromiso. A continuación se sugieren los ajustes para el modo de transferencia de metal que se está utilizando.

Modo de transferencia de metal	Posición de la punta de contacto con respecto a la boquilla
Inmersión	2mm interior a 2mm saliente
Spray	4-8mm interior
Spray (aluminio)	6-10mm interior

Tabla 5 – Efecto de la boquilla sobre la distancia de trabajo. Fuente: TWI

Boquilla de gas protector

El propósito de la boquilla de gas protector es producir un flujo de gas laminar para proteger el baño de soldadura de la contaminación atmosférica. Los diámetros de las boquillas oscilan entre 13 y 22 mm y deben aumentarse en relación con el tamaño del baño de soldadura. Por lo tanto, se utilizan boquillas de mayor diámetro para aplicaciones de alta corriente, transferencia por aspersion y de menor diámetro para transferencia por inmersión. El caudal también debe ajustarse al diámetro de la boquilla y al tipo de gas de protección para obtener una cobertura suficiente del baño de soldadura. Las boquillas de gas para la soldadura de transferencia por inmersión tienden a ser cónicas a la salida de la boquilla.

También se debe considerar el acceso y el tipo de unión al seleccionar la boquilla de gas y el caudal requeridos. Una boquilla demasiado pequeña puede causar que se

obstruya por salpicaduras más rápidamente y si el cable se dobla al salir del tubo de contacto, la envoltura de protección y la ubicación del arco pueden no coincidir.

56

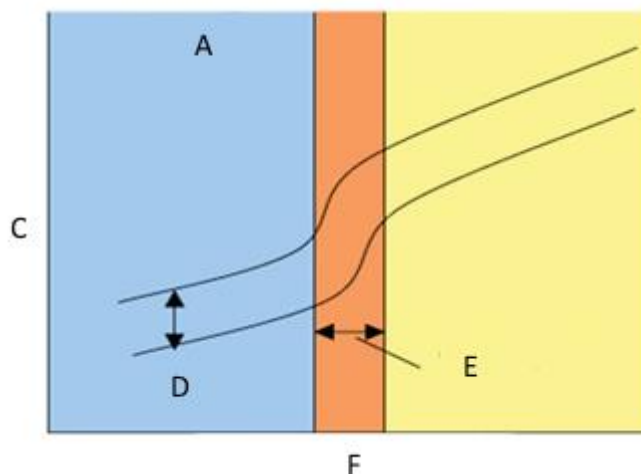


Figura 36 - Curva característica del arco. A. Transferencia por inmersión, B. Transferencia por aspersión, C. Voltaje del arco - V, D. Rango de operación, E. Región de transición - Transferencia globular, F. Corriente de soldadura - A. Fuente: TWI

Características clave de la transferencia por inmersión

- Transferencia de metal por inmersión o cortocircuito en el baño de soldadura
- Proceso de entrada de calor relativamente bajo
- Baja fluidez del baño de soldadura
- Se utiliza para chapas finas de más de 0,8 mm y normalmente de menos de 3,2 mm, soldadura posicional de secciones más gruesas y cordones de raíz en uniones a tope abiertas
- La estabilidad del proceso y las salpicaduras pueden ser un problema si se ajustan mal.
- Falta de fusión de los sistemas mal instalados y aplicados.
- No se utiliza para metales no férreos y aleaciones.



Figura 37 – Transferencia por inmersión. Fuente: TWI

En la transferencia por inmersión el cable cortocircuita el arco 50-200 veces por segundo y este tipo de transferencia se realiza normalmente con CO₂ o mezclas de CO₂ y gas argón + bajos amperios y voltios de soldadura <24V.

Características clave de la transferencia por spray

- Transferencia de metal en vuelo libre
- Alta entrada de calor
- Alta tasa de deposición
- Arco suave y estable
- Se utiliza en aceros de más de 6 mm y aleaciones de aluminio de más de 3 mm de espesor

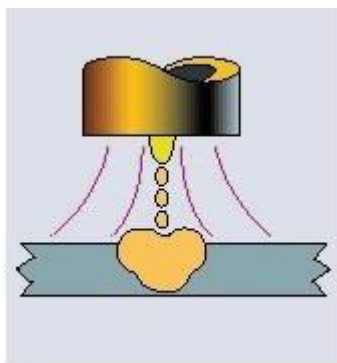


Figura 38 – Transferencia de spray. Fuente: TWI

La transferencia de pulverización se produce a altas corrientes y voltajes. Por encima de la corriente de transición, la transferencia de metal es un rociado fino de pequeñas gotas proyectadas a través del arco con bajos niveles de salpicaduras. La alta corriente de soldadura produce fuertes fuerzas electromagnéticas (efecto pinch) que provocan que el filamento fundido que sostiene la gota hacia abajo. Las gotas se desprenden de la punta del cable y aceleran a través de la abertura del arco. La frecuencia con la que las gotas se desprenden aumenta con la corriente. El tamaño de la gota equivale al diámetro del alambre en el nivel del umbral, pero disminuye significativamente a medida que aumenta la corriente de soldadura. A corrientes muy altas (velocidades de alimentación de hilo), las gotas fundidas pueden empezar a girar (transferencia rotativa). La corriente del arco fluye durante el desprendimiento de la gota, lo que

resulta en una penetración máxima y una alta entrada de calor. Cuando se utiliza el voltaje de arco correcto para dar la transferencia por spray, el arco es corto con la punta del alambre a 1-3mm de la superficie de la placa.

En el caso de los aceros, sólo se puede utilizar en las soldaduras a tope descendente y en las soldaduras en ángulo H/V, pero ofrece una mayor velocidad de deposición, penetración y fusión que la transferencia por inmersión debido al calentamiento continuo del arco. Se utiliza principalmente para espesores de chapa de acero >3mm pero tiene un uso limitado para la soldadura posicional debido al gran potencial de baño de soldadura que implica.

Características principales de la transferencia pulsada

- Transferencia de gotas en vuelo libre sin cortocircuito en todo el rango de trabajo
- Salpicaduras muy bajas
- Menor entrada de calor que en la transferencia spray
- Menor riesgo de falta de fusión en comparación con la transferencia por inmersión
- Control del perfil de cordón de soldadura para piezas cargadas dinámicamente
- Control/flexibilidad del proceso
- Permite el uso de alambres de mayor diámetro y menos costosos con chapas más delgadas - alimentación más fácil (ventaja particular para la soldadura de aluminio)

Pulsando la corriente se amplía el rango de operación de transferencia por spray muy por debajo de la transición natural de la inmersión a la transferencia por spray. Esto permite una transferencia de pulverización suave y sin salpicaduras a corrientes medias por debajo del nivel de transición, por ejemplo, 50- 150A y con menores entradas de calor. El pulsado se introdujo originalmente para controlar la transferencia de metal mediante la imposición de un funcionamiento cíclico artificial en el sistema de arco mediante la aplicación de corrientes alternas altas y bajas.

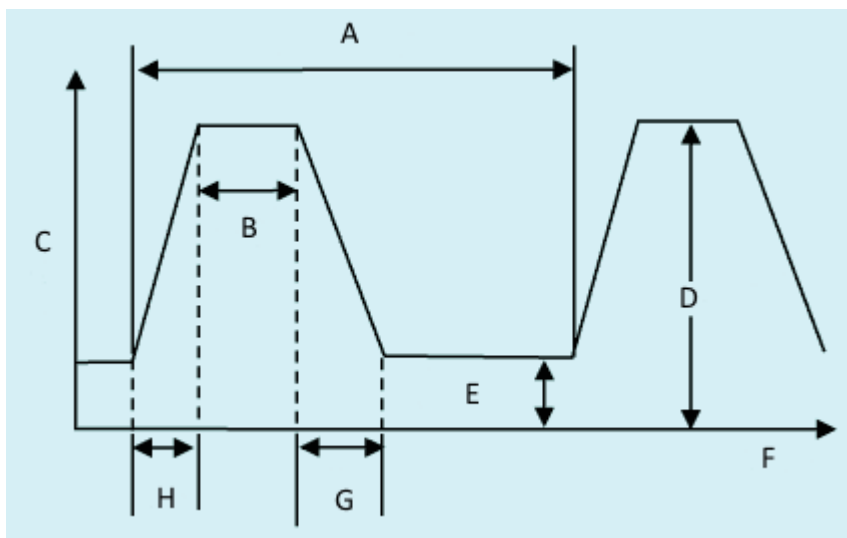


Figura 39 - Forma de onda de soldadura pulsada y parámetros. A. 1/Frecuencia, B. Tiempo de pico, C. Corriente - A, D. Corriente de pico, E. Corriente de fondo, F. Tiempo - ms, G. Tiempo de caída, H. Tiempo de subida. Fuente: TWI

Se suministra una corriente de fondo baja (típicamente 20-80A) para mantener el arco, mantener la punta del alambre fundida, dar ánodos y raíces de cátodos estables y mantener la corriente promedio durante el ciclo. El desprendimiento de gotas ocurre durante un pulso de alta corriente a niveles de corriente superiores al nivel de corriente de transición. El pulso de corriente genera fuerzas electromagnéticas muy altas que causan un fuerte efecto de pellizco en el filamento metálico que sostiene la gota, la gota se desprende y se proyecta a través de la separación del arco. La corriente de impulso y la densidad de corriente deben ser lo suficientemente altas para asegurar que la transferencia por aspersión (no globular) se produzca siempre, de modo que se pueda utilizar la soldadura por posición.

La transferencia pulsada utiliza pulsos de corriente para disparar un solo glóbulo de metal a través del espacio de arco a una frecuencia de 50-300 pulsos/segundo. Es un desarrollo de la transferencia por spray que proporciona capacidad de soldadura posicional para aceros, combinada con un aporte de calor controlado, buena fusión y alta productividad, y puede utilizarse para todo tipo de chapa de acero de espesor >1mm, pero se utiliza principalmente para la soldadura posicional de aceros de >6mm.

Características clave de la transferencia globular

60

- Transferencia de metal irregular
- Entrada de calor medio
- Tasa de deposición media
- Riesgo de salpicaduras
- No muy utilizado en el Reino Unido, puede ser utilizado para la soldadura mecanizada de acero de espesor medio (típicamente 3-6mm) en la posición plana (PA).

Sinérgico

Es un término que significa trabajar juntos y fue diseñado originalmente para establecer parámetros de pulso correctos en la soldadura MIG/MAG en una gama de diámetros de alambre y mezclas de gases. El ajuste manual de los parámetros de pulso era problemático con muchas variables a ajustar: pico de pulso, tiempo de pulso, corriente de fondo y tiempo de fondo. Consecuentemente, llegar a la condición de arco correcta consumía mucho tiempo y estaba lleno de errores.

Con el avance en fuentes de energía controladas electrónicamente y los subsiguientes sistemas controlados por inversor de CPU, ha permitido a los fabricantes producir un sistema de control de una perilla. Por lo tanto, todos los parámetros mencionados anteriormente pueden ser controlados a través de una operación de control de una perilla para establecer la condición de arco correcta según lo determinado por los fabricantes de la fuente de alimentación. En esencia, a medida que se gira el mando, la alimentación del alambre aumenta, posiblemente el voltaje (y todos los parámetros del pulso) cambian para mantener una condición de arco balanceado.

Los fabricantes tienen curvas sinérgicas predeterminadas basadas en el tipo de material, diámetro del alambre y mezcla de gases. Para facilitar la configuración, esta información es programada por el usuario y se produce una curva única basada en las entradas. El usuario puede entonces ajustar, a través de un control de perilla, la curva

sinérgica hacia arriba y hacia abajo. Sin embargo, la mayoría de las máquinas tienen la opción de ajustar el voltaje de la curva sinérgica si es necesario. Además, una vez que se encuentra una condición de soldadura aceptable, la mayoría de los fabricantes tienen la capacidad de guardar en la memoria para volver a llamar más tarde.

El rango de transferencia globular ocupa el rango de transición de la tensión del arco entre la transferencia por vuelo libre y la transferencia por cortocircuito. La transferencia irregular de gotas y la inestabilidad del arco son inherentes, particularmente cuando se opera cerca del umbral de transición. En la transferencia globular se forma una gota fundida varias veces el diámetro del electrodo en la punta del alambre, la gravedad eventualmente la separa cuando su peso supera las fuerzas de tensión de la superficie y la transferencia tiene lugar a menudo con salpicaduras excesivas. Antes de la transferencia, el arco se desplaza y su cono cubre una gran área, disipando energía.

Hay un cortocircuito de corta duración cuando la gota entra en contacto con el baño de fusión, pero en lugar de causar la transferencia de gotitas, ocurre como resultado de ello. Aunque el cortocircuito es de muy corta duración, es necesaria cierta inductancia para reducir las salpicaduras, aunque para el operador los cortocircuitos no son perceptibles y el arco tiene la apariencia de un tipo de vuelo libre.

Para minimizar aún más los niveles de salpicaduras, es común operar con una longitud de arco muy corta y en algunos casos se adopta una técnica de arco enterrado. La transferencia globular sólo se puede utilizar en la posición plana y a menudo se asocia con la falta de penetración, defectos de fusión y cordones de soldadura desiguales debido a la transferencia irregular y a la tendencia al desplazamiento del arco.

Inductancia

Al soldar MAG en el modo de transferencia por inmersión, el electrodo de soldadura toca el baño de soldadura causando un cortocircuito durante el cual la tensión del arco

es casi nula. Si la fuente de alimentación de tensión constante respondiera instantáneamente, una corriente muy alta comenzaría inmediatamente a fluir a través del circuito de soldadura y el rápido aumento de la corriente a un valor alto derretiría el electrodo cortocircuitado con fuerza explosiva, disipando el metal de la soldadura y causando salpicaduras considerables.

La inductancia es la propiedad en un circuito eléctrico que ralentiza la velocidad del aumento de corriente. La corriente que viaja a través de una bobina de inductancia crea un campo magnético que crea una corriente en el circuito de soldadura en oposición a la corriente de soldadura. El aumento de la inductancia también aumentará el tiempo de arco y disminuirá la frecuencia de cortocircuito.

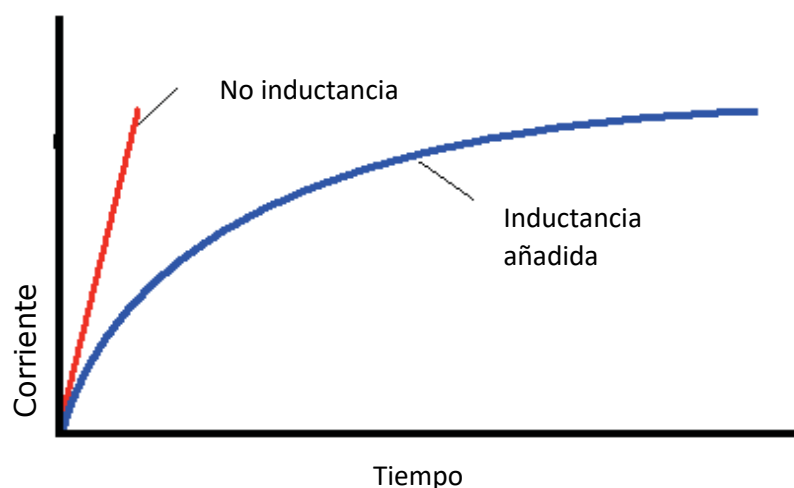


Figura 40 Relación entre la inductancia y el aumento de corriente. Fuente: TWI

Existe un valor óptimo de inductancia para cada velocidad de avance del electrodo. Una inductancia demasiado baja produce salpicaduras excesivas, demasiadas y la corriente no aumentará lo suficientemente rápido y el electrodo no se calentará lo suficiente, lo que hará que el electrodo se estrelle contra el metal base. Las fuentes modernas de alimentación electrónicas ajustan automáticamente la inductancia para proporcionar una transferencia suave de arco y metal.

1.2.7 Seguridad e Higiene y Seguridad ambiental

Trabajar de forma segura, para protegerse a sí mismo, a los demás y al vehículo en el que está trabajando, es una consideración esencial en cualquier operación de

soldadura. La responsabilidad de la seguridad recae en todos los individuos, pero especialmente en los soldadores, no sólo por su propia seguridad, sino también para evitar poner en peligro a otras personas. Su empleador tiene la importante responsabilidad de asegurar que se cumpla con la legislación de salud, seguridad y medio ambiente (HSE) y que se implementen prácticas de trabajo seguras. Si no puede garantizar su propia seguridad y la seguridad de los demás en el área de trabajo, deje de soldar y no comience a soldar de nuevo hasta que el riesgo haya sido controlado.

Su empleador debe asegurar el cumplimiento de todos los documentos apropiados, por ejemplo:

- Legislación - Directivas de la UE sobre OSH.
- Estándares – OHSAS 18001.
- Sistemas de Gestión de Salud, Seguridad y Medio Ambiente de la Empresa.
- Instrucciones de trabajo - permisos de trabajo, documentos de evaluación de riesgos, etc.

El ambiente del taller

El trabajador debe asegurarse de que las condiciones de iluminación son adecuadas para el trabajo realizado, proporcionando iluminación adicional cuando sea necesario. Los soldadores permanecen de pie durante largos períodos de tiempo, ya que deben mantener una posición muy estable de las manos, lo que significa que pueden llegar a tener bastante frío si el taller no está suficientemente bien calentado. Por el contrario, en climas calurosos, el ambiente puede llegar a ser insoportablemente caluroso, y el soldador debe usar ropa protectora. Tanto el sobrecalentamiento como el subcalentamiento pueden causar incomodidad y pérdida de eficiencia y productividad. Las tareas domésticas son extremadamente importantes para evitar resbalones, tropiezos y caídas, daños al equipo e incendios.

Hay muchos aspectos de la seguridad de la soldadura que el soldador debe tener en cuenta:

- Descarga eléctrica.
- Campos electromagnéticos
- Calor y luz.
- Humos y gases.
- Ruido.
- Manejo y almacenamiento de botellas de gas.
- Trabajar en altura o en acceso restringido.
- Peligros mecánicos: tropiezos, caídas, cortes, impacto de objetos pesados.

Descarga eléctrica

El contacto con piezas metálicas bajo tensión eléctrica puede causar lesiones o la muerte debido al efecto de la descarga sobre el cuerpo o a una caída como resultado de la reacción a la descarga eléctrica.

El riesgo de descarga eléctrica asociado con la soldadura por arco puede provenir de la fuente de alimentación primaria de 230 o 460V o de la tensión de salida a 60-100V. El choque de voltaje primario es muy peligroso porque es mucho mayor que el voltaje secundario del equipo de soldadura. El choque eléctrico del voltaje de entrada puede ocurrir al tocar un cable dentro del equipo de soldadura con la energía hacia el soldador mientras el cuerpo o la mano toca la caja del equipo de soldadura u otro metal conectado a tierra. Sólo un electricista cualificado debe retirar la carcasa de una fuente de energía para soldar. Los dispositivos de circuito residual (RCD) conectados a disyuntores de capacidad suficiente ayudarán a proteger al personal del peligro de una descarga eléctrica primaria.

La potencia transformada está disponible en los terminales situados en la parte delantera del equipo de soldadura. A estos terminales se conectan cables de alta resistencia para llevar la corriente de soldadura a la pistola o al portaelectrodos y para

llevar una trayectoria de retorno desde el banco de trabajo o el banco de trabajo metálico hasta el otro terminal. Este retorno se conoce a menudo como la tierra o tierra y puede haber una puesta a tierra secundaria dispuesta de manera que el trabajo esté a cero voltios. El choque de tensión secundario se produce al tocar una parte del circuito del electrodo -quizás un área dañada en el cable del electrodo- mientras que otra parte del cuerpo toca el otro lado del circuito de soldadura (el trabajo o la tierra de soldadura) al mismo tiempo.

Aunque es poco probable que la mayoría de los equipos de soldadura superen un OCV de 100V, las descargas eléctricas, incluso a este nivel, pueden ser graves. El circuito de soldadura debe estar equipado con dispositivos de seguridad de baja tensión para minimizar la posibilidad de una descarga eléctrica secundaria.

Es importante que los cables de soldeo puedan soportar el máximo rendimiento posible del equipo de soldeo sin sobrecalentarse, ya que el sobrecalentamiento puede dañar el aislamiento y provocar un mayor riesgo de descarga eléctrica.

La instalación del equipo de soldadura debe ser llevada a cabo por personal debidamente cualificado, que debe comprobar que el equipo es adecuado para la operación y que está conectado de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. El soldador es responsable de revisar diariamente el equipo (cable, pistola de soldeo y dispositivos de acoplamiento) para detectar daños y reportar defectos. Todas las conexiones externas deben estar limpias y apretadas y deben ser revisadas cada vez que se haga una reconexión. La abrazadera de retorno de soldadura debe conectarse directamente a la pieza de trabajo, lo más cerca posible del punto de soldeo.

Acciones del soldador para una práctica segura y evitar descargas eléctricas:

- No use joyas (especialmente anillos) ni correas de reloj metálicas
- Use ropa protectora, incluyendo botas de seguridad aislantes, guantes, botas y peto

- Compruebe diariamente, y después de cada reconexión, que todas las conexiones externas estén limpias y ajustadas
- Párese o arrodílese sobre un tapete de material aislante que debe mantenerse seco
- Colocar la fuente de alimentación de la soldadura fuera del entorno de trabajo
- Asegúrese de que el personal de apoyo cualificado se encuentre cerca del espacio de trabajo para prestar los primeros auxilios y desconectar el suministro eléctrico
- Al soldar en el exterior, compruebe que el grado de protección de la fuente de alimentación es adecuado para el entorno y no suelde en la lluvia sin una cubierta adecuada
- Al soldar el vehículo directamente, asegúrese de que sea eléctricamente seguro; un electricista competente ha aislado las baterías y cualquier sistema de alimentación híbrido, y ha desconectado las unidades electrónicas sensibles

Campos electromagnéticos

Los procesos de soldadura pueden producir campos de baja frecuencia que tienen un efecto perjudicial para la salud mental y física de los trabajadores expuestos. Los posibles efectos incluyen la estimulación de músculos, nervios u órganos sensoriales y síntomas transitorios como el vértigo o los fosfenos de la retina. Estos efectos pueden afectar la capacidad del trabajador para trabajar con seguridad.

Los campos electromagnéticos pueden subdividirse en campos magnéticos y eléctricos y, para la mayoría de los procesos de soldeo, es el campo magnético el que es significativo.

La exposición a campos electromagnéticos puede causar efectos biofísicos directos, incluyendo:

- efectos térmicos como el calentamiento de los tejidos.
- efectos no térmicos como la estimulación de músculos, nervios u órganos sensoriales.
- Corrientes de las extremidades.

Los efectos indirectos de los CEM incluyen:

- Interferencia con dispositivos electrónicos médicos tales como marcapasos.
- riesgo de proyección de objetos ferromagnéticos en campos magnéticos estáticos.
- iniciación de detonadores.
- ignición de materiales inflamables por chispas causadas por campos inducidos.
- corrientes de contacto.

Acciones del soldador para una práctica segura y evitar EMF en el soldeo:

- Seguir la guía de la evaluación del lugar de trabajo del trabajador
- No envuelva los cables de soldeo alrededor del cuerpo
- No se apoye en cables de soldeo en espiral

Calor

Como la soldadura MAG depende de la fusión del metal para realizar una unión, se deduce que el metal estará en parte muy caliente. Todos los metales conducen el calor en mayor o menor grado, por lo que el área calentada a una temperatura que causará quemaduras en la piel es mucho mayor que el cordón de soldadura en sí. Es una sabia precaución asumir que todo el metal en un banco de trabajo de soldadura o adyacente a una soldadura en la carrocería de un automóvil está caliente. Se deben utilizar barras indicadoras de temperatura para verificar que el material esté lo suficientemente frío para manipularlo. No es seguro golpear el metal con la mano desnuda para comprobar su temperatura.

El arco de soldadura crea chispas, con el potencial de causar que materiales inflamables cerca del área de soldadura se enciendan y causen incendios. El área de soldadura debe estar libre de todo material combustible y es una buena práctica para todo el personal que trabaja en las cercanías de la soldadura saber dónde están los

extintores de incendios más cercanos y el tipo correcto de extintor de incendios que se debe utilizar en caso de que se produzca un incendio.

La soldadura también puede producir salpicaduras, glóbulos de metal fundido expulsados del área de soldadura. Estos pueden causar quemaduras graves, por lo que se debe usar ropa protectora, como guantes para soldar, monos ignífugos y pieles alrededor de cualquier operación de soldadura para protegerse contra el calor y las chispas. Es muy importante que se eviten las trampas en la ropa. Los pantalones no deben tener dobladillos y no deben estar metidos en las botas - pueden ocurrir lesiones muy graves si las salpicaduras caen dentro de una bota de trabajo.

El calor radiante de la soldadura puede ser bastante intenso, especialmente cuando se está soldando a alta corriente y en un ciclo de trabajo. Se requiere suficiente movimiento de aire para mantener la soldadora a una temperatura sensible, especialmente importante cuando se trabaja en áreas de acceso restringido donde el calor reflejado intensificará el efecto. Los soldadores también deben tomar agua regularmente para evitar la deshidratación potencial.

Acciones del soldador para una práctica segura y evitar los efectos del calor de soldadura:

- Asegurarse de que se dispone de un EPP adecuado, apto para su uso y correctamente colocado
- Asegurarse de que el combustible esté alejado de la unión y de que el automóvil esté protegido, en caso necesario, con mantas ignífugas

Luz

La radiación de luz es emitida por el arco de soldadura en tres gamas principales:

Tipo	Longitud de onda, nanómetros
Infrarrojo (calor)	>700
Luz visible	400-700
Radiación ultra violeta	<400

Tabla 6 – rangos principales de radiación.

Luz ultravioleta (UV)

69

Todos los procesos de arco generan rayos UV y la exposición excesiva causa inflamación de la piel y posiblemente cáncer de piel o daño ocular permanente. Sin embargo, el principal riesgo entre los soldadores y otros en los talleres de soldadura es la inflamación de la córnea y la conjuntiva, comúnmente conocida como ojo de arco o destello.

El ojo de arco es causado por la radiación UV que daña la capa protectora externa de las células de la córnea. Gradualmente, las células dañadas mueren y se desprenden de la córnea, exponiendo los nervios altamente sensibles de la córnea subyacente a la parte interna del párpado, que es relativamente áspera. Esto causa dolor intenso, generalmente descrito como arena en el ojo. El dolor se agudiza aún más si el ojo se expone a una luz brillante.

El ojo de arco se desarrolla algunas horas después de la exposición, lo cual puede no haber sido notado. La arena en el ojo es un síntoma y dolor que suele durar de 12 a 24 horas, más tiempo en los casos más graves. Afortunadamente, casi siempre es una condición temporal. En el improbable caso de exposiciones prolongadas y frecuentemente repetidas, puede ocurrir daño permanente.

El tratamiento del ojo de arco es simple: descansar en una habitación oscura. Una persona calificada o el departamento de urgencias de un hospital puede administrar varias gotas oculares anestésicas calmantes que pueden proporcionar un alivio casi instantáneo. Es mejor prevenir que curar y el uso de gafas de seguridad con protectores laterales reducirá considerablemente el riesgo de esta afección. El soldador siempre debe tener una pantalla completa con el color aprobado de la lente protectora para el proceso en cuestión.

Efecto de la luz ultravioleta en la piel

El UV de los procesos de arco no produce el atractivo efecto bronceador del bronceado, pero resulta en un enrojecimiento agudo e irritación causada por cambios en los diminutos vasos sanguíneos de la superficie. En casos extremos, la piel puede quemarse gravemente y formarse ampollas. La piel enrojecida puede morir y descamarse en un día más o menos. Donde ha habido una exposición intensa, prolongada o frecuente, se pueden desarrollar cánceres de piel.

Luz visible

La luz visible intensa que se aproxima particularmente a las longitudes de onda de los rayos UV o luz azul pasa a través de la córnea y el cristalino y puede deslumbrar y, en casos extremos, dañar la red de nervios ópticamente sensibles de la retina. Las longitudes de onda de la luz visible que se aproxima al infrarrojo tienen efectos ligeramente diferentes, pero pueden producir síntomas similares. Los efectos dependen de la duración e intensidad de la exposición y, hasta cierto punto, de la acción refleja natural del individuo para cerrar el ojo y excluir la luz incidente. Normalmente este deslumbramiento no produce un efecto a largo plazo.

Radiación infrarroja (IR)

La radiación infrarroja es de longitud de onda más larga que las frecuencias de luz visibles y es perceptible como calor. El principal peligro para los ojos es que la exposición prolongada (en cuestión de años) provoca una opacidad gradual pero irreversible del cristalino. Afortunadamente, la radiación IR emitida por el arco de soldadura normal sólo causa daños dentro de una distancia comparativamente corta del arco. Hay una sensación inmediata de ardor en la piel que rodea los ojos en caso de que se expongan al calor del arco. La reacción natural del ser humano es moverse o cubrirse para evitar que la piel se caliente, lo que también reduce la exposición de los ojos.

Radiación del arco

El soldador debe estar protegido de la radiación de luz emitida por el arco con un escudo de mano o de cabeza y ropa protectora. La pantalla está provista de un vidrio filtrante, lo suficientemente oscuro para absorber los rayos infrarrojos y ultravioletas. Los vidrios filtrantes cumplen con la norma EN 169 y están clasificados según un número de color. Esto especifica la cantidad de luz que se permite pasar - cuanto menor sea el número, más ligero será el filtro. El número de tono se selecciona según el proceso de soldadura y el nivel de corriente.

Acciones del soldador para una práctica segura y evitar los efectos de la luz de soldeo:

- No inicie el arco a menos que los soldadores y ayudantes de soldadores estén usando ropa protectora adecuada y protección para los ojos
- No inicie el arco a menos que otros trabajadores en la vecindad y los transeúntes estén protegidos por pantallas opacas o adecuadamente filtradas alrededor de su área de trabajo

Humos y gases

El humo es una mezcla de partículas generadas por la vaporización, condensación y oxidación de sustancias transferidas a través del arco de soldadura. Las partículas son muy pequeñas y permanecen suspendidas en el aire durante largos períodos, donde pueden ser respiradas. Las partículas pequeñas son respirables; pueden penetrar en las regiones más internas del pulmón, donde tienen mayor potencial de causar daño. Si se inhala. El humo de soldadura es cancerígeno y no existe un nivel de exposición seguro para la inhalación.

También se pueden crear humos tóxicos a partir de acabados de pintura, revestimientos, líneas de unión adhesivas y espuma de uretano en las proximidades de la junta soldada.

El monóxido de carbono (CO) y el CO₂ pueden generarse en la soldadura MAG a partir del gas de protección, y el CO₂ reacciona en las proximidades del arco para formar CO.

El CO es el más peligroso de los dos gases y puede causar una reducción en la capacidad de transporte de oxígeno de la sangre que puede ser mortal. En concentraciones más bajas causa dolor de cabeza y mareos, náuseas y debilidad. Sin embargo, las cantidades de CO y CO₂ generadas por los procesos de soldadura son pequeñas y generalmente no presentan un problema de exposición.

Se pueden introducir otros gases en el área de trabajo a partir del gas protector. Recuerde que es probable que los gases más pesados que el aire se acumulen en los pozos de inspección.

Los siguientes aspectos pueden influir en el grado de exposición de la soldadora a humos y gases:

- Posición de soldeo
- Ubicación y tipo de lugar de trabajo

Por lo tanto, los soldadores que utilizan el mismo proceso pueden estar expuestos a diferentes niveles de humo. Por lo tanto, los riesgos de cada puesto de trabajo deben evaluarse individualmente.

Posición de soldeo

La posición de soldadura (plana, vertical, horizontal o bajo techo) y la proximidad de la soldadora a la columna de humo afectan la exposición. Como el soldador se dobla naturalmente sobre la pieza de trabajo, la posición plana induce el nivel más alto de humo en la zona de respiración. El soldador debe adoptar una posición de trabajo que asegure que su cabeza esté alejada de la pluma.



Figura 41 - Ubicación y tipo de lugar de trabajo. Fuente: TWI

La soldadura en un taller grande, o al aire libre, evita la acumulación de humos y gases. Sin embargo, en un taller pequeño, el humo no se dispersa fácilmente y el soldador puede estar sujeto a una exposición superior al promedio. El trabajo en espacios confinados, en particular, requiere un sistema de ventilación eficiente y supervisado, de modo que la exposición esté controlada y no se agote el oxígeno en la atmósfera de trabajo.

Control del humo de soldeo

La forma más eficaz de controlar la exposición a los humos de soldadura es su eliminación en origen. Existen varios métodos para eliminar el humo cerca de la soldadura:

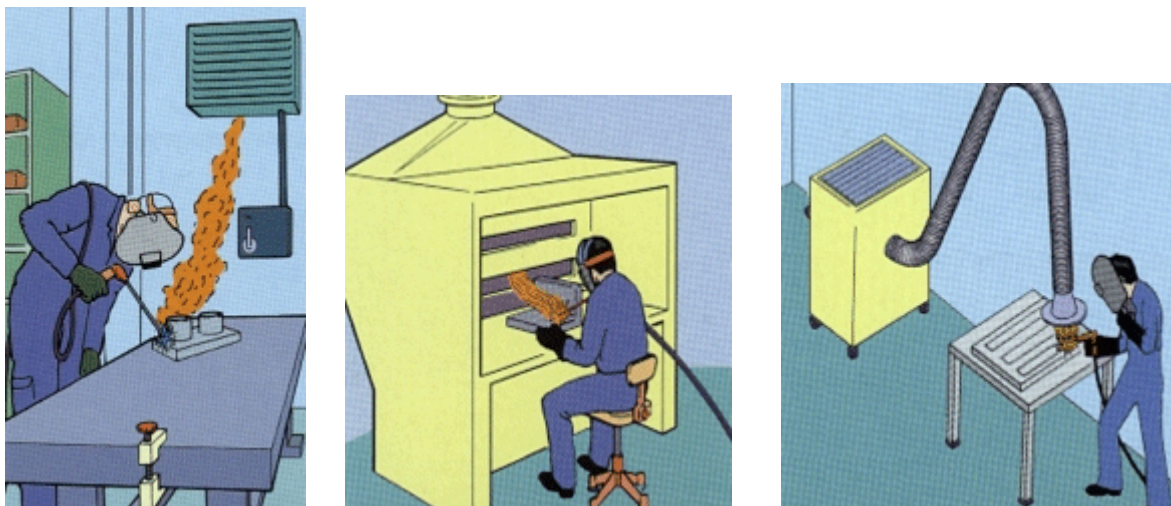


Figura 42 - Bancos de extracción, Cabina de extracción y Ventilación por extracción local (LEV). Fuente: TWI

Figura 43 - Extracción a pistola. A. Ranura de extracción, B. Pantalla de gas inerte, C. Alimentación de gas y alambre del electrodo. Fuente: TWI

Como la ventilación local por extracción (LEV) y los sistemas de extracción a pistola nunca son 100% eficientes, especialmente cuando se sueldan estructuras incómodas, la ventilación general también puede ser necesaria para controlar el nivel de fondo de los humos.

Como cada tipo de equipo de extracción tiene sus limitaciones, es importante seleccionar el equipo adecuado para cada trabajo. También es esencial que los soldadores estén adecuadamente capacitados para utilizar el equipo y adoptar buenas prácticas de trabajo. La supervisión es necesaria para asegurar que el equipo se utiliza eficazmente y para minimizar el nivel de humos de fondo en el taller.

Como regla general, si el aire es visiblemente claro y el soldador es cómodo, la ventilación es probablemente adecuada.

75

Equipo de protección respiratoria (RPE)

Cuando sea necesario controlar los humos, siempre se debe utilizar el LEV para lograr el mayor control posible. Si el LEV no es posible, o todavía hay una exposición inaceptable, se necesita RPE. El RPE debe ser siempre el medio de control menos preferido porque sólo protege al usuario. Todos los demás métodos tienen por objeto prevenir la exposición, mientras que el RPE es esencialmente curativo. Existen dos tipos de RPE:

- respiradores - aire del taller limpiado antes de ser inhalado
- Suministro de aire - el suministro de aire está separado de la atmósfera del taller

La selección del RPE adecuado requerirá el asesoramiento de un experto que pueda hacer la selección basándose en la concentración de humos, la presencia de gases tóxicos y si hay una atmósfera deficiente de oxígeno.

Acciones del soldador para una práctica segura y evitar la emisión de humos y gases:

- comprobar que el equipo de ventilación y extracción funciona correctamente y se mantiene regularmente, por ejemplo, limpiando y sustituyendo los filtros de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.
- coloque la campana de extracción o la boquilla para capturar el humo sin perturbar la pantalla de gas.
- reposicionar la campana de extracción a intervalos adecuados para garantizar que los humos se sigan extrayendo eficazmente.
- si es posible, eliminar la pintura, el recubrimiento o el aislamiento de la pieza de trabajo antes de soldar.
- antes de usar RPE, consulte a un experto en la elección del respirador.
- equiparse personalmente con un RPE para asegurarse de que proporciona la protección adecuada.
- seguir su formación en el uso de un RPE y su mantenimiento y limpieza.

- utilizar los sistemas establecidos por su dirección para el control de los equipos y la formación.

Ruido

La exposición a ruidos fuertes puede dañar permanentemente la audición, causar estrés y aumentar la presión arterial. Trabajar en un ambiente ruidoso durante largos periodos de tiempo puede contribuir al cansancio, nerviosismo e irritabilidad. Si la exposición al ruido es superior a 85 decibelios ponderados A, promediada durante un período de ocho horas, se debe llevar protección auditiva y realizar pruebas auditivas anuales. El empleador tiene la responsabilidad de asegurar que los trabajadores usen la protección. Si los niveles de ruido están entre 80 y 85dB(A) promediados en un promedio de ocho horas, se debe disponer de protección auditiva y se debe proporcionar a los trabajadores que la soliciten.

Las operaciones de soldadura normales no se asocian con problemas de nivel de ruido excesivo. El ruido asociado a la soldadura suele deberse a operaciones auxiliares como el astillado, la amoladura y el martilleo. Se debe usar protección auditiva cuando se realicen o se trabaje en las proximidades de estas operaciones.

Manipulación y almacenamiento de gas

Las botellas contienen gas a una presión de hasta 300 bar y se debe tener cuidado de que no se caigan y separar la válvula de la parte superior. La repentina liberación de energía convierte al cilindro en un misil de alta potencia capaz de atravesar las paredes de los bloques, lo que se demuestra más gráficamente en los Cazadores de Mitos de Discovery Channel. Se ha publicado un vídeo en YouTube (www.youtube.com/watch?v=ejEJGNLTo84).

Las botellas de gas protector deben tener soportes contruidos a propósito con cadenas seguras para evitar que se vuelquen. Una persona no debe manipular las botellas de gas por sí sola, ya que pesan hasta 100 kg y existe un riesgo real de pérdida

de control. El transporte alrededor de un taller debe realizarse en un carro diseñado para tal fin.

Los reguladores de presión deben instalarse en las botellas de gas para extraer el gas a una presión utilizable. Los reguladores deben ser apropiados para el trabajo: clasificados al menos a la misma altura que la presión máxima de la botella y designados para el gas específico.

Los tubos que llevan el gas a la pistola de soldeo deben ser mangueras de presión diseñadas para el trabajo. Las mangueras deben ser revisadas para detectar fugas usando detergente diluido alrededor de todas las conexiones. Las fugas de gas de protección no son tan críticas para la seguridad como las fugas de gas combustible, pero la calidad de la soldadura puede verse comprometida si se producen fugas. Por una razón similar, las mangueras deben purgarse durante algunos minutos antes de comenzar el trabajo para eliminar cualquier humedad absorbida en la pared interior.

Peligros mecánicos

El entorno en el que trabaja un soldador presenta una serie de riesgos que no son específicos del proceso de soldadura en sí. A menudo se requiere la manipulación manual de componentes metálicos pesados y torpes. Las láminas de metal más delgadas y ligeras pueden tener bordes afilados. Los resbalones, tropiezos y caídas pueden ser más probables, ya que la soldadura a menudo requiere que los cables gruesos se extiendan por el suelo. Para contrarrestar estos problemas, se debe utilizar la práctica estándar de seguridad y protección de los talleres. Los soldadores necesitan formación en la manipulación de materiales, tanto manual como mecánica; deben llevar guantes de protección, cascos, monos y botas; el cableado en el suelo debe ser mínimo y estar claramente señalizado o marcado como un riesgo de tropiezo.

Hay peligros que son el resultado directo del proceso de unión, ya que durante la soldadura, las chispas y el metal fundido pueden ser expulsados. Estos son más

comunes en la soldadura por arco, pero también pueden ocurrir en procesos de resistencia. El soldador debe usar equipo de protección personal (PPE). Toda la ropa debe ser resistente al fuego y se recomienda el uso de delantales de cuero, chaquetas, gorros, etc.

El esmerilado se utiliza comúnmente en la preparación del metal para la soldadura y durante la limpieza y rectificación del metal depositado. Las amoladoras de ruedas y angulares son las herramientas favoritas por su velocidad de eliminación de material. Esto crea un peligro, no sólo para el operador sino también para el personal adyacente y de paso, ya que el material expulsado puede ser lanzado a cierta distancia. Obviamente, el operador necesita una protección adecuada con ropa, guantes, protectores para toda la cara y, a veces, una máscara antipolvo, pero toda el área también necesita protección con cortinas para proteger a los demás. Se pueden utilizar mantas ignífugas para proteger el vehículo de las chispas de molienda, y se debe tener cuidado para evitar la contaminación cruzada entre los vehículos y los materiales del taller.

Uno de los peligros más graves es el uso persistente de herramientas eléctricas portátiles, tales como esmeriladoras, lijadoras, llaves de impacto y cinces de aire, que pueden provocar una enfermedad a largo plazo: el síndrome de vibración mano-brazo, también conocido como "dedo blanco" o "mano muerta". Se alienta a los empleadores a comprar únicamente herramientas eléctricas diseñadas y construidas para reducir el riesgo de vibración, y se les exige que realicen una evaluación e identifiquen medidas para eliminar o reducir el riesgo. Se requiere que usted use estas herramientas eléctricas sólo como se le indica, y debe reportar cualquier síntoma, incluyendo hormigueo y entumecimiento en los dedos, no poder sentir las cosas apropiadamente, pérdida de fuerza en las manos, las puntas de los dedos se vuelven blancas, y se enrojecen y se vuelven dolorosas al recuperarse.

- Utilice el equipo de protección personal adecuado y compruebe que es adecuado para el propósito antes de llevar a cabo las operaciones de soldeo.
- Proteger el vehículo y su contenido de manera efectiva cuando se realizan operaciones de soldeo.
- Preparar el material y alinearlos para conseguir una unión adecuada. Las abrazaderas de unión deben ser tratadas siguiendo el procedimiento del fabricante antes de la unión.
- Seleccionar, configurar y utilizar las herramientas y equipos adecuados para llevar a cabo las operaciones de soldeo.
- Asegúrese de que las herramientas, el equipo y el equipo de protección personal (EPP) que necesita estén en condiciones seguras de trabajo.
- Configure su equipo para llevar a cabo las operaciones de soldeo, comprobar la idoneidad del gas/alambre de relleno y el tamaño del material a unir, los parámetros están ajustados correctamente, los consumibles son correctos, los rodillos de alimentación y las puntas de soldadura están en buenas condiciones.
- Realizar operaciones de soldeo siguiendo métodos de reparación reconocidos, procedimientos de prueba y proporcionar cupones de prueba sobre material equivalente de acuerdo con las normas pertinentes, las especificaciones, métodos y procedimientos del fabricante, sus procedimientos en el lugar de trabajo y todos los requisitos legales, de salud y de seguridad.
- Evite dañar otros componentes, paneles y superficies del vehículo y del área de trabajo circundante.
- Reconocer cuando su soldadura no se está formando correctamente y qué acción se necesita tomar.
- Realizar las operaciones de soldeo dentro de los plazos acordados e informar rápidamente de cualquier retraso en la finalización de su trabajo a la(s) persona(s) pertinente(s).
- Inspeccionar y evaluar la calidad de las soldaduras de acuerdo con las normas especificadas.
- Comprobar la integridad de la soldadura y registrar el tipo de unión conseguida en el papeleo apropiado.
- Asegúrese de que las piezas de prueba se registren y almacenen.
- Revestir el área de la unión sin reducir el espesor del material y proteger el área reparada para inhibir la corrosión donde sea aplicable.

- Limpie y almacene el Equipo de Protección Personal (EPP) y el equipo de manera apropiada, informe a la(s) persona(s) pertinente(s) sobre cualquier requisito de mantenimiento del equipo o de reposición de consumibles.
- Informar con rapidez a la(s) persona(s) competente(s) de cualquier otro fallo que detecte en el transcurso de su trabajo.
- Limpie y restaure el vehículo y el área de trabajo quitando las pantallas y los materiales protectores utilizados durante el soldeo, elimine los residuos de acuerdo con los requisitos medioambientales.
- Completar los registros de trabajo con precisión, en el formato requerido y entregarlos a la(s) persona(s) pertinente(s) con rapidez.

1ª Formación Práctica

Practica de soldadura MAG - Modo de transferencia de metal e inductancia

- Depositar una soldadura en ángulo sobre una placa de acero ferrítico, en posición horizontal vertical (PB).
- Seleccione los parámetros de soldadura óptimos y evalúe el uso de los modos de transferencia pulsada, inmersión y spray:

(Continuación en la siguiente página)

Modo de transferencia	Pulsado	Spray	Inmersión
Valor de corriente (A)			
Voltaje (V)			
Inducción			
Nivel de salpicaduras			
Distorisión angular			
Número de pasadas			
Perfil de soldadura			
Ángulo de acuerdo			
Asimetría de la longitud de pierna			
Velocidad de soldeo			
Productividad			

Esquemas

Notas:

Table 7 - Metal transfer mode and inductance

Calidad de la unión

- Reconocer cuando su soldadura no se está formando correctamente y aplicar las acciones correctivas:

Tipo de defecto	Esquema/descripción	Causa	Remedio
Falta de fusión			
Falta de mojado			
Inclusiones de escoria			
Cordón asimétrico			
Penetración excesiva			
Penetración insuficiente			
Grieta en el extremo del cráter			

Table 8 – Calidad de la unión.

Distorsión

Debido a que la soldadura implica un calentamiento muy localizado de los bordes de la unión para fusionar el material, se establecen tensiones no uniformes en el componente debido a la expansión y contracción del material calentado. Inicialmente, se crean tensiones de compresión en el metal padre frío circundante cuando se forma el baño de soldadura debido a la expansión térmica del metal caliente (zona afectada por el calor) adyacente al baño de soldadura. Sin embargo, las tensiones de tracción se producen en el enfriamiento cuando la contracción del metal de soldadura y la zona afectada por el calor inmediato es resistida por la mayor parte del metal base frío.

La magnitud de las tensiones térmicas inducidas en el material puede verse por el cambio de volumen en el área de soldadura durante la solidificación y el posterior enfriamiento a temperatura ambiente. Por ejemplo, al soldar acero CMn, el volumen de metal fundido de soldadura se reducirá en aproximadamente un 3% en la solidificación y el volumen de la zona afectada por el metal fundido de soldadura/calor (HAZ) se reducirá en un 7% adicional a medida que su temperatura descienda desde el punto de fusión del acero hasta la temperatura ambiente.

Si las tensiones generadas por la dilatación/contracción térmica superan el límite elástico del metal de origen, se produce una deformación plástica localizada del metal. La deformación plástica causa una reducción permanente de las dimensiones de los componentes y distorsiona la estructura.

La distorsión se produce en seis formas principales:

- Contracción longitudinal
- Contracción transversal
- Distorsión angular
- Arqueado

- Pandeo
- Torsión

Las principales características de las formas más comunes de distorsión para las soldaduras a tope y en ángulo se muestran a continuación.

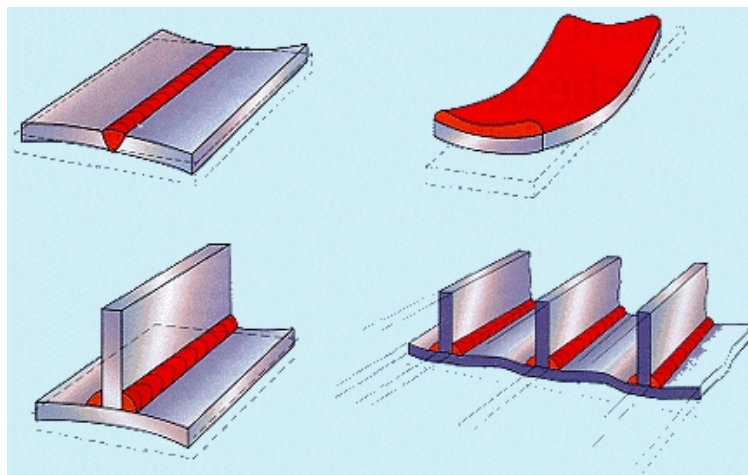


Figura 44- La contracción del área de soldadura en el enfriamiento da como resultado una contracción transversal y longitudinal. Fuente: TWI

La contracción no uniforme (a través del espesor) produce una distorsión angular además de la contracción longitudinal y transversal.

Uso de sistemas de retención

Debido a la dificultad de aplicar el preajuste y el pre-curvado, la restricción es la técnica más ampliamente practicada para controlar la distorsión. El principio básico es que las piezas se colocan en posición y se mantienen bajo restricción para minimizar cualquier movimiento durante la soldadura. Al retirar el componente del equipo de sujeción, se producirá una cantidad relativamente pequeña de movimiento debido a las tensiones de bloqueo.

Al soldar ensamblajes, todos los componentes deben mantenerse en la posición correcta hasta la finalización de la soldadura. La soldadura con restricción generará tensiones residuales adicionales en la soldadura que pueden causar grietas. Al soldar materiales susceptibles, una secuencia de soldadura adecuada reducirá este riesgo.

La sujeción es relativamente fácil de aplicar utilizando abrazaderas, plantillas y accesorios para sujetar las piezas durante la soldadura. Aplique siempre las abrazaderas, plantillas y accesorios especificados en las instrucciones de soldadura o en el procedimiento de reparación.

Antes, durante y después del soldeo

1. Utilice el equipo de protección personal adecuado y compruebe que es adecuado para el propósito antes de llevar a cabo las operaciones de soldeo.
2. Proteger el vehículo y su contenido de manera efectiva cuando se realizan operaciones de soldeo.
3. Preparar el material y alinearlos para conseguir una unión adecuada. Las abrazaderas deben ser tratadas siguiendo el procedimiento del fabricante antes de la unión.
4. Seleccionar, configurar y utilizar las herramientas y equipos adecuados para llevar a cabo las operaciones de soldeo.
5. Asegúrese de que las herramientas, el equipo y el equipo de protección personal (EPP) que necesita estén en condiciones de trabajo seguras.
6. Configure su equipo para llevar a cabo las operaciones de soldeo, comprobar la idoneidad del gas/alambre de relleno y el tamaño del material a unir, los parámetros están ajustados correctamente, los consumibles son correctos, los rodillos de alimentación y las puntas de soldadura están en buenas condiciones.
7. Realizar operaciones de soldeo siguiendo métodos de reparación reconocidos, procedimientos de prueba y proporcionar cupones de prueba sobre material equivalente de acuerdo con las normas pertinentes, las especificaciones, métodos y procedimientos del fabricante, sus procedimientos en el lugar de trabajo y todos los requisitos legales, de salud y de seguridad.
8. Evite dañar otros componentes, paneles y superficies del vehículo y del área de trabajo circundante.
9. Reconocer cuando su soldadura no se está realizando correctamente y qué acción se necesita tomar.

10. Realizar las operaciones de soldeo dentro de los plazos acordados e informar rápidamente de cualquier retraso en la finalización de su trabajo a la(s) persona(s) pertinente(s).
11. Inspeccionar y evaluar la calidad de las soldaduras de acuerdo con las normas especificadas.
12. Comprobar la integridad de la soldadura y registrar el tipo de unión conseguida en el documento correspondiente.
13. Asegúrese de que las piezas de prueba se registren y almacenen.
14. Revestir el área de la unión sin reducir el espesor del material y proteger el área reparada para inhibir la corrosión donde sea aplicable.
15. Limpie y almacene el Equipo de Protección Personal (EPP) y el equipo de manera apropiada, informe a la(s) persona(s) pertinente(s) sobre cualquier requisito de mantenimiento del equipo o de reposición de consumibles.
16. Informar con rapidez a la(s) persona(s) competente(s) de cualquier otro fallo que detecte en el transcurso de su trabajo.
17. Limpie y restaure el vehículo y el área de trabajo quitando las pantallas y los materiales protectores utilizados durante la soldadura, elimine los residuos de acuerdo con los requisitos medioambientales.
18. Completar los registros de trabajo con precisión, en el formato requerido y entregarlos a la(s) persona(s) pertinente(s) con rapidez.

1.3 Tecnología de soldadura de puntos por resistencia

La soldadura de puntos por resistencia es un proceso de unión de metales con el calor generado por el paso de corriente localizada a través de la pieza de trabajo. La soldadura de puntos por resistencia (EN ISO 4063 proceso 21) puede aplicarse para reparar la carrocería dañada de un automóvil.

1.3.1 El proceso de soldadura de puntos por resistencia

La soldadura por resistencia puede definirse como un proceso en el que se aplica una fuerza a las superficies de chapa metálica y en el que el calor para la soldadura se produce por el paso de la corriente eléctrica a través de la resistencia eléctrica en estas superficies y adyacentes a ellas. Es un proceso bien establecido, con un excelente

historial en la producción de juntas de calidad en materiales en lámina. Sólo en la industria automovilística europea se realizan más de 150 millones de soldaduras por puntos de resistencia al día. El proceso se utiliza para unir materiales en láminas y utiliza electrodos de aleación de cobre para aplicar presión y transportar la corriente eléctrica a través de las piezas de trabajo. El calor se desarrolla principalmente en la interfase entre las láminas, causando eventualmente que el material que se está soldando se derrita, formando un baño de fusión, la pepita de soldadura. El baño de fusión está limitado por la presión aplicada por los electrodos y el metal sólido circundante.

Soldadura por puntos en una línea de producción de vehículos de gran volume

El equipo de soldadura por puntos es relativamente barato comparado con otras técnicas de unión. El equipo requiere muy poco mantenimiento y el hardware puede tener una vida útil de producción de décadas. La aplicación de la soldadura por resistencia no suele ser técnicamente exigente y las máquinas de producción pueden ser utilizadas con éxito por personal con un nivel de cualificación relativamente bajo.

La soldadura por puntos ofrece una serie de ventajas sobre otras técnicas de unión, incluyendo velocidades de producción muy altas, lo que la convierte en uno de los procesos de unión de producción más baratos. En las líneas de soldadura por puntos robotizadas se pueden conseguir velocidades de soldadura de hasta 40 soldaduras por minuto. El proceso de soldadura por puntos es extremadamente rápido, con tiempos de ciclo de una fracción de segundo. Esto significa que se requieren bajos niveles de energía. Debido al calentamiento localizado de un área pequeña, hay una entrada de calor reducida en los componentes, lo que minimiza la distorsión térmica y la deformación, en comparación con muchos procesos de calentamiento continuo. La soldadura por puntos es tradicionalmente una técnica muy fácil de automatizar. En las líneas de producción de automóviles, la carrocería pasa de una célula robótica a otra, donde los robots manipulan pinzas de soldadura de peso ligero para unir

componentes. Debido a la naturaleza de la soldadura por puntos, donde los electrodos aplican la fuerza de soldadura así como la corriente de soldadura, no se requieren mecanismos de sujeción adicionales. Los electrodos de soldadura por puntos son una fuente de sujeción y una fuente de soldadura, ningún proceso de soldadura por arco, soldadura láser o adhesivo puede ofrecer en el proceso de sujeción sin la introducción de mecanismos de sujeción adicionales que mantengan las piezas a unir en su posición.

En la producción de soldadura por puntos es inevitable la degradación de las puntas de los electrodos de cobre. En aceros no recubiertos, se pueden realizar de 100 a 1000 soldaduras sin necesidad de reparar la superficie de la punta. Pero cuando se sueldan aceros galvanizados (como es habitual en los componentes de automoción), la degradación de los electrodos se produce mucho más rápidamente. Esto se debe a la deposición de zinc y óxido de zinc en la superficie de las puntas de los electrodos, que produce fases de latón cada vez más ricas (zinc y aleaciones de cobre). Con la acumulación de latón, zinc y óxido de zinc en los electrodos, las propiedades térmicas y eléctricas se ven afectadas, las puntas se ablandan y deforman y la integridad de la soldadura se deteriora lentamente. Para resolver este problema, se utiliza un equipo automatizado de apósito con punta de electrodo. Los enderezadores de puntas emplean un cortador de cuchillas, que elimina la superficie exterior del electrodo y devuelve la forma al perfil original. En una línea de producción de alto volumen, una o más unidades de preparación de puntas están ubicadas dentro de cada celda de producción. Los robots dentro de la celda visitan la rectificadora de puntas a intervalos predeterminados para mantener las puntas de los electrodos, lo que a su vez mantiene la consistencia de la calidad de la soldadura.

En la producción en serie nunca se consigue una calidad de soldadura por puntos 100% fiable, debido a la amplia gama de combinaciones de materiales que se sueldan por puntos en un coche y a las variaciones de proceso introducidas por el desgaste de

la punta del electrodo, el ajuste de los componentes y el estado de la superficie de los componentes. La calidad de la soldadura se mantiene mediante un buen control del proceso, junto con pruebas periódicas de las muestras. Aunque se han desarrollado una serie de sistemas de monitorización de procesos, sigue existiendo el deseo de producir un monitor de calidad de soldadura en proceso fiable, robusto y de bajo coste, con el fin de reducir o eliminar los ensayos destructivos periódicos. Algunos controladores de soldadura incorporan sistemas de control de retroalimentación que monitorean la corriente y el voltaje (resistencia) en la máquina de soldadura y, con una configuración limitada, permiten la adaptación automática durante el proceso del procedimiento de soldadura (tiempo y corriente) para mantener la calidad de la soldadura para diferentes combinaciones de espesores y materiales, por ejemplo. Aunque no necesariamente garantizan completamente la calidad de la soldadura, estos controladores pueden proporcionar alguna corrección para la variación de otros factores del proceso, como la contaminación de la superficie, la derivación de corriente y el montaje de la pieza (estos temas se tratarán más adelante). Durante los últimos 20 años, los avances en la supervisión y el control han llevado a un uso generalizado del "control adaptativo" en las líneas de soldadura por puntos por resistencia. Los sistemas de control adaptativos supervisan la corriente de soldadura, la tensión y el perfil de resistencia dinámico y modifican la tensión y la corriente de entrada para adaptarlas a un perfil idealizado de una soldadura perfecta. De este modo, los sistemas de control adaptativo pueden compensar el mal ajuste, los daños en las puntas de los electrodos y la contaminación de la superficie de los componentes, para mantener una calidad de soldadura más fiable. Los sistemas de control adaptativo más avanzados también pueden ampliar o reducir el tiempo de soldadura para garantizar que la potencia térmica total de la soldadura se mantenga constante en toda la cadena de producción.

1.3.2 Descripción técnica de la soldadura de puntos por resistencia

90

La soldadura por resistencia es uno de los procesos de soldadura más antiguos y ofrece una serie de ventajas sobre otras técnicas, como la velocidad y la eficiencia energética. La soldadura por resistencia se puede utilizar en secciones muy delgadas o gruesas.

El calor generado depende de la corriente (I), la duración de la corriente (t) y la resistencia (R), y puede expresarse como:

$$\text{CALENTAMIENTO} = I^2 R t$$

La resistencia depende del tamaño, la forma y el material de los electrodos, la fuerza aplicada, la resistividad y el estado de la superficie del material a soldar (figura 45).

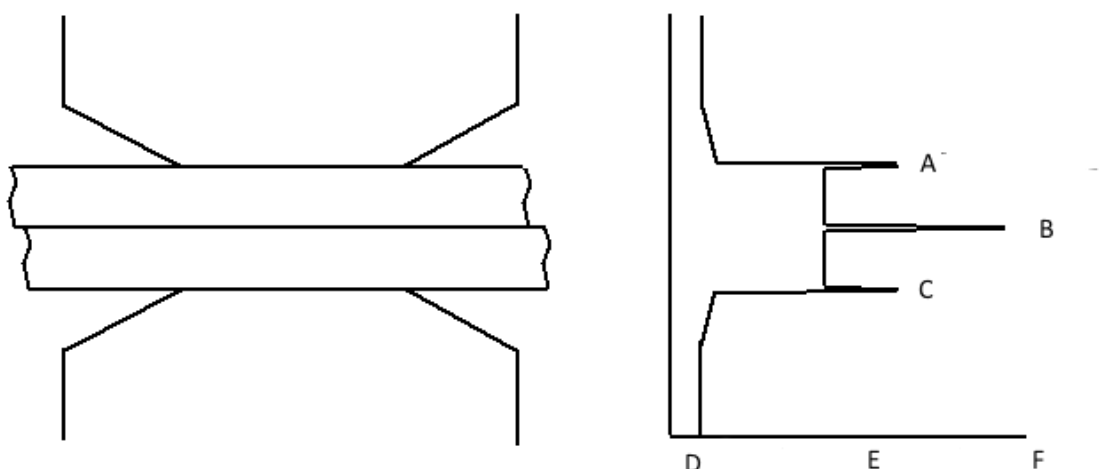


Figura 45 - Resistencias del material y de la interfase antes de la soldadura. Contacto de electrodo, B. Interfaz de hoja, C. Contacto de electrodo, D. Bajo, E. Resistencia, F. Alto. Fuente: TWI

El proceso de soldadura por puntos por resistencia utiliza electrodos de aleación de cobre moldeados para concentrar la corriente y la fuerza de soldadura. El calor se desarrolla principalmente en la interfase entre dos láminas, causando eventualmente

que el material que se está soldando se derrita, formando un baño de fusión, la pepita de soldadura. La presión en la punta del electrodo contiene el baño de fusión. Sin embargo, si el baño de fusión ha crecido demasiado, el metal fundido será expulsado como salpicadura de soldadura. La figura 46 muestra las proporciones de una buena soldadura por puntos.

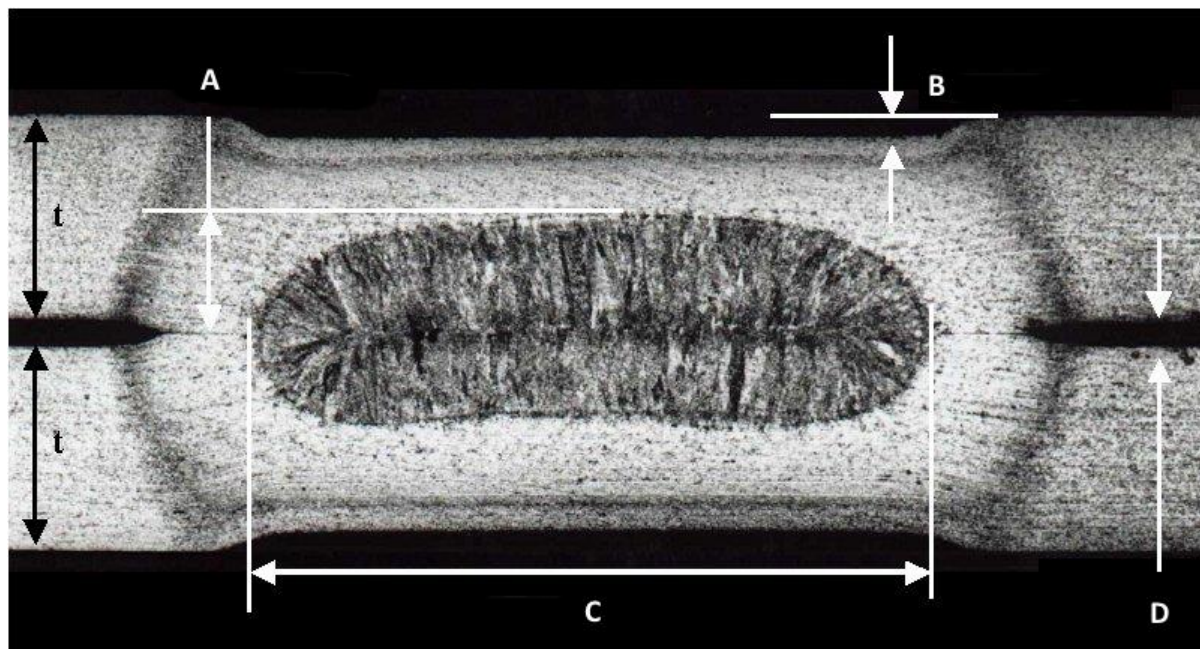


Figura 46 - Sección transversal que muestra las proporciones de una buena soldadura por puntos. Los requisitos detallados dependen de la norma de aplicación. A. Penetración, B. Sangrado, C. Diámetro de la pepita, D. Separación de la hoja.

Fuente: TWI

Los requisitos típicos de calidad de la soldadura por puntos son:

Diámetro de la punta del electrodo	$5\sqrt{t}$
Objetivo del diámetro de soldadura	$5\sqrt{t}$
Diámetro mínimo de soldadura *	$4\sqrt{t}$
Indentación máxima	10 a 20% t
Separación máxima de chapas	10% t
Penetración del punto de soldadura	20 a 80% t

Table 9 – Spot weld quality requirements. Source: TWI

* Basado en el espesor del material más delgado en una combinación de diferentes espesores.

Equipo

Una máquina de soldadura de puntos por resistencia se muestra esquemáticamente. Consta de las siguientes partes:

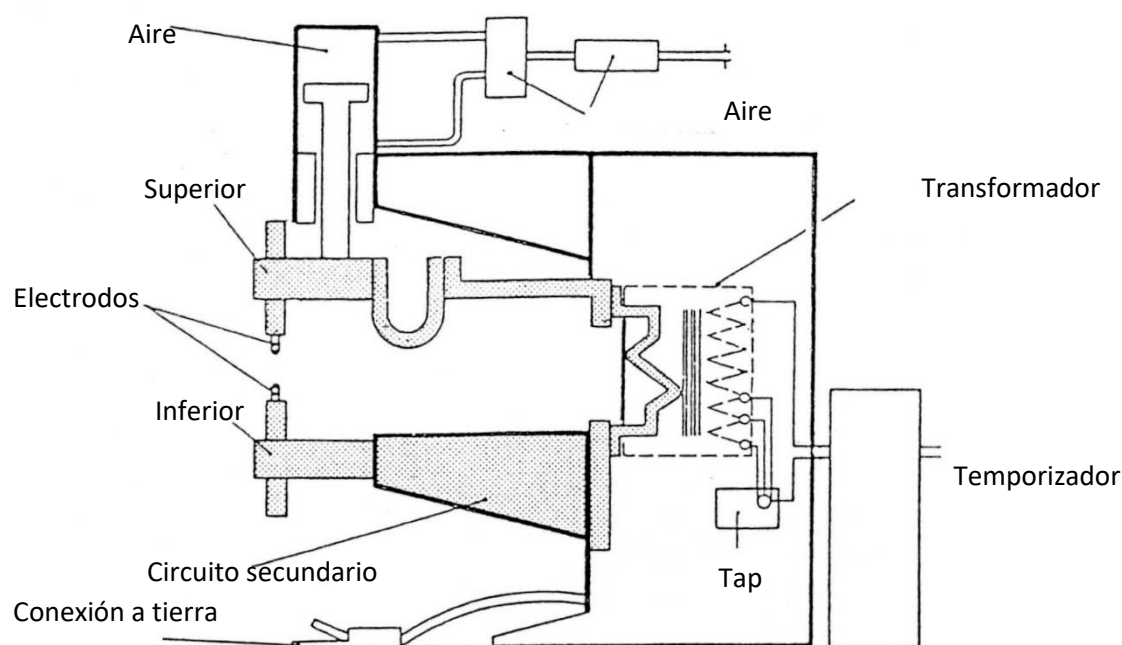


Figura 47 - Máquina de soldadura por puntos de pedestal. Fuente: TWI

Las pinzas de soldadura de puntos por resistencia pueden ser manipuladas manualmente o por robots, una pistola típica tiene los mismos componentes que una soldadora de pedestal pero es más pequeña y compacta.

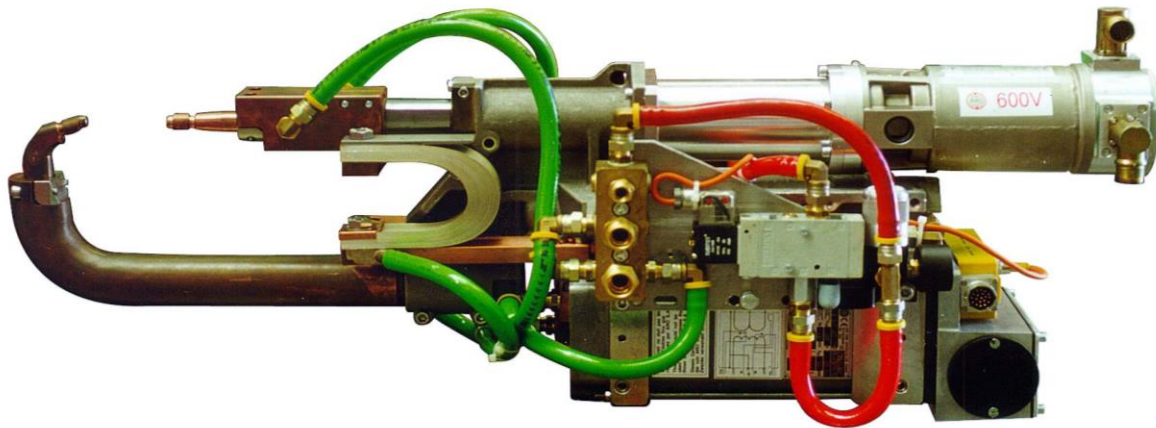


Figura 48 Pistola de soldadura por puntos de resistencia. Fuente: TWI

Estructura del armazón: Esto proporciona rigidez mecánica a la máquina.

- **Sistema de aplicación de fuerza:** Esto generalmente comprende un suministro de aire controlado a un cilindro, pero puede ser hidráulico o de resorte. Algunas pinzas de soldadura tienen sistemas de fuerza servomotora. El control neumático se compone de un colector de agua y un engrasador (si está instalado), un regulador y un manómetro, y válvulas solenoides.
- **Temporizador/controlador:** Controla las secuencias de tiempo para las soldaduras, enciende y apaga la corriente de soldadura, y también proporciona un control preciso de la corriente.
- **Transformador:** Esto reduce la entrada primaria de media tensión (alimentación de red de 415 V) a la secundaria de baja tensión (2-20 V) utilizada para la soldadura (Fig. 7). La relación de vueltas del transformador es el número de vueltas del conductor principal de la red (generalmente entre 20 y 200) dividido por el número de vueltas del conductor secundario pesado (generalmente 1 ó 2). Es la relación entre el descenso de la tensión de red y el aumento de la corriente de red.

p.ej. relación de espiras = 100: 1

si la tensión de red = 400V, entonces la tensión secundaria = 4V

si la corriente primaria = 100A, entonces la corriente de soldadura = 10,000A

Nota: La tensión secundaria puede considerarse constante, ya que la tensión de red y la relación de vueltas son nominalmente constantes. Por lo tanto, la corriente que fluye en el circuito de soldadura depende de la resistencia del circuito.

por la ley de Ohm: Tensión (V) = Corriente (I) x Resistencia (R)

Así, para una tensión dada, un aumento de la resistencia del circuito secundario (máquina de soldar) provoca una reducción de la corriente de soldadura.

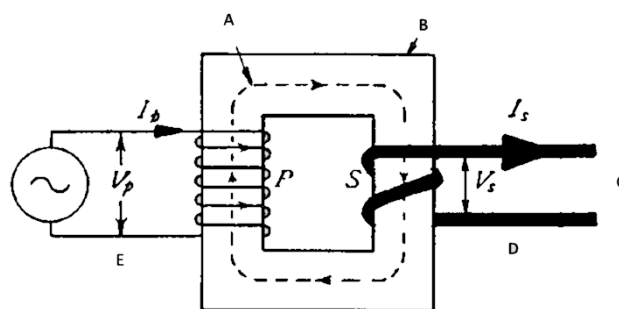


Figura 49 - Transformador de soldadura. A. Flujo magnético, B. Núcleo del transformador, C. Máquina de soldar, D. Circuito secundario, E. Circuito primario. V_p - tensión de red primaria, I_p - corriente primaria. V_s - tensión de soldadura secundaria, I_s - corriente de soldadura. Fuente: TWI

Fuentes de alimentación

La corriente de soldadura en una máquina de soldar por resistencia generalmente está disponible a través de un transformador con varias relaciones de bobinado de derivación, y puede ser de los siguientes tipos. En cada caso se muestran las formas de onda típicas.

C.A. monofásica: Generally connected across two phases of the mains supply giving approximately 415V primary voltage, but low power portable guns may be connected to the usual mains supply.

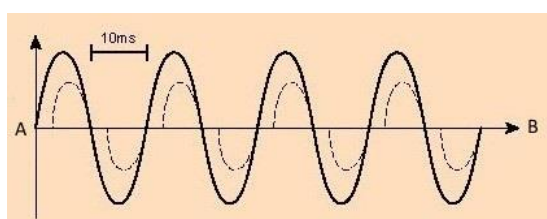


Figura 50 - Forma de onda de corriente alterna monofásica. A. Corriente, B. Tiempo. Fuente: TWI

Frecuencia media/cc: La corriente primaria de las tres fases de la red se rectifica para dar aproximadamente 600V dc. Luego se corta a una frecuencia media usando transistores (típicamente 1000Hz a 600V). Esta corriente se transforma mediante un transformador de soldadura integral ligero y se rectifica en el lado secundario para obtener corriente de soldadura en corriente continua. Este tipo de perfil actual es común en las pinzas de soldadura más modernas utilizadas en las líneas de producción de vehículos.

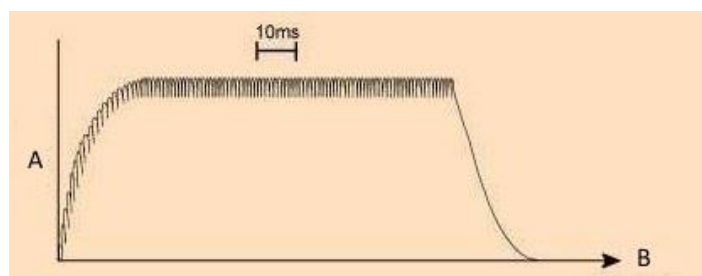


Figura 51 - Forma de onda de corriente continua del convertidor de media frecuencia. A. Corriente, B. Tiempo. Fuente: TWI

Descarga del condensador: Un pulso de CC de corta duración se consigue descargando una batería de condensadores a través de un transformador de soldadura. Se requiere una baja demanda de potencia para cargar los condensadores. La soldadura por puntos de descarga de condensadores se está volviendo cada vez más popular y ahora hay disponibles fuentes de alimentación para unir materiales de calibre fino y pesado.

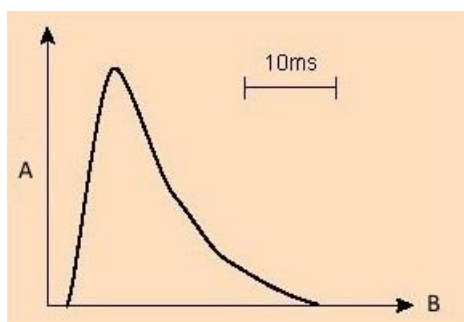


Figura 52 - Forma de onda de la corriente de descarga del condensador. A. Corriente, B. Tiempo. Fuente: TWI

Programa

Un programa de soldadura por puntos consiste en períodos de tiempo que se programan en el controlador de tiempo.

Tiempo: Dependiendo del tipo de interfaz de programación de los temporizadores de soldadura, el ajuste de tiempo estará en 'ciclos' o en 'ms' (milisegundos). La siguiente conversión permite al operador comprender el intervalo de tiempo de los ajustes del programa.

$$1 \text{ ciclo} = 1/50 \text{ seg or } 20 \text{ mseg.} \quad (10 \text{ ciclos} = 0.2 \text{ seg})$$

$$1 \text{ ms} = 1/1000 \text{ seg}$$

Tiempo de compresión: el tiempo ajustado para garantizar que la fuerza de soldadura ajustada se alcanza antes del flujo de corriente. Algunos temporizadores también están equipados con un ajuste de tiempo de preapriete.

Tiempo de soldeo: El tiempo durante el cual fluye la corriente se conoce comúnmente como "tiempo de soldeo", aunque algunos sistemas utilizan "tiempo de calentamiento" en su lugar. Es el tiempo durante el cual se conecta la corriente de soldadura. Cuando se trata de aceros de soldadura por puntos, un tiempo de soldadura de 10 ciclos/mm del espesor de la chapa única es un punto de partida razonable.

Tiempo de retención (forja): el tiempo que los electrodos se mantienen unidos bajo presión después del tiempo de soldadura. 5-10 ciclos es normalmente adecuado para materiales delgados.

Tiempo de enfriamiento: el tiempo de desconexión actual entre los sucesivos impulsos de corriente en la soldadura por pulsación o en la soldadura de costuras.

Tiempo de desconexión: el tiempo utilizado para la soldadura de repetición, como la soldadura por puntos. El tiempo entre el final del tiempo de espera en una soldadura y el comienzo del tiempo de compresión en la siguiente, durante el cual los electrodos son reposicionados. Esta función de programación no se utiliza comúnmente en la soldadura de reparación.

Cuando se utiliza la soldadura por impulsos, los tiempos de soldadura se pueden ajustar de forma independiente o los tiempos de soldadura y enfriamiento se alternan para el número de impulsos ajustado.

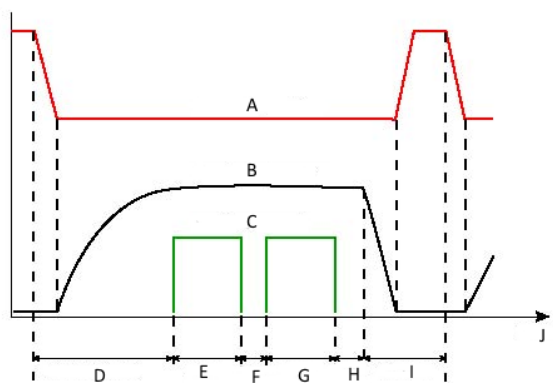


Figura 53 - Diagrama de tiempo y presión para la soldadura por puntos que muestra dos impulsos de corriente. A. Posición del electrodo, B. fuerza del electrodo, C. corriente de soldadura, D. tiempo de compresión, E. tiempo de soldadura 1, F. tiempo de enfriamiento, G. tiempo de soldadura 2, H. tiempo de retención, I. tiempo de desactivación, J. tiempo. Fuente: TWI

Fuerza de electrodo

Cada material que se está soldando tendrá su propia fuerza óptima del electrodo, dependiendo del tamaño de la punta del electrodo utilizado para un espesor de chapa en particular.

La fuerza del electrodo requerida para el acero bajo en carbono es normalmente

1,4 a 2,0 kN por mm de espesor de chapa

La fuerza del electrodo (N) = presión en la punta del electrodo (N/mm²) x área de contacto de la punta (mm²). (Nota: 1kg de fuerza es aproximadamente 10 Newtons (N) o 1 deca Newton (daN)).

Las presiones de la punta del electrodo para estos y otros materiales se resumen a continuación:

Tipo de material	Factor multiplicador	Presión de soldeo, N/mm ²	Fuerza del electrodo, kN por mm de espesor de chapa
Acero bajo en carbono sin recubrimiento	1	70-100	1.4 – 2.0
Acero bajo en carbono con recubrimiento	1.2 - 1.5	100-160	2.0 – 3.2
Aceros de alta resistencia y baja aleación	1.2 - 1.5	100-160	2.0 – 3.2

Tabla 10 - Resumen de las presiones en las puntas de los electrodos. Fuente: TWI

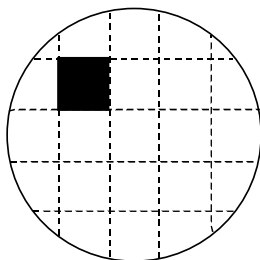


Figura 54 - Punta de electrodo de 5 mm de diámetro. Fuente: TWI

Área de contacto 20mm²

$$\text{Fuerza} = 20\text{mm}^2 \times 70\text{N/mm}^2 = 1.4\text{kN}$$

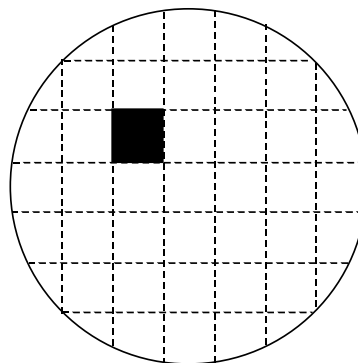


Figura 55 - Punta de electrodo de 7 mm de diámetro. Fuente: TWI

Área de contacto 40mm²

$$\text{Fuerza} = 40\text{mm}^2 \times 70\text{N/mm}^2 = 2.8\text{kN}$$

Ejemplo del efecto del diámetro de la punta sobre el área de contacto y la fuerza del electrodo requerida. La fuerza del electrodo se puede ajustar aproximadamente multiplicando la presión del aire del cilindro por el área del pistón sobre la que actúa el aire. Las figuras 54 y 55 ofrecen una guía para el cálculo de la fuerza del electrodo para cilindros de diferentes tamaños. Cualquier contrapresión, eje interno o sistema de enganche de palanca (por ejemplo, pistola de tijeras) debe ser tenido en cuenta. La fuerza real del electrodo debe ser verificada usando una celda de carga.

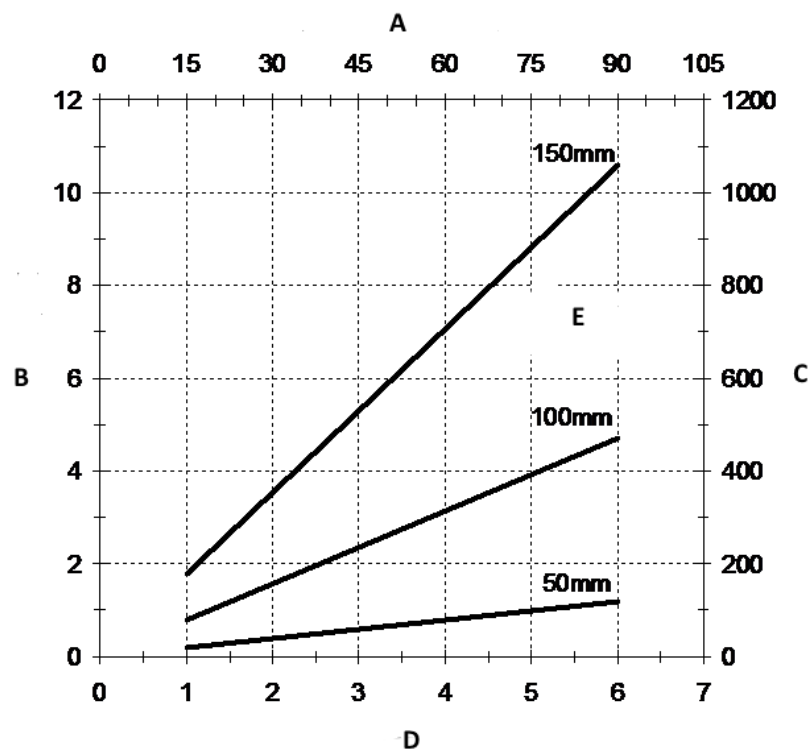


Figura 56 - La fuerza de los electrodos se determina para los diámetros de los cilindros seleccionados. A. Presión del aire, psi, B. Fuerza del electrodo, kN, C. Fuerza del electrodo, kg, D. Presión del aire, bar, E. Diámetro del cilindro. Fuente: TWI

- Se debe permitir un tiempo de compresión adecuado para asegurar que la fuerza del electrodo establecida se logre antes del flujo de corriente.
- Es posible que sea necesario aplicar una fuerza adicional en el electrodo para compensar el mal ajuste de la pieza.
- Siempre que sea posible, la velocidad de aproximación del electrodo debe controlarse lo suficiente para evitar que se golpeen los electrodos, ya que esto afecta negativamente a la vida útil del electrodo.
- Evite soldar en máquinas grandes con baja presión de aire, donde las características de seguimiento del cabezal de soldadura pueden verse afectadas negativamente.

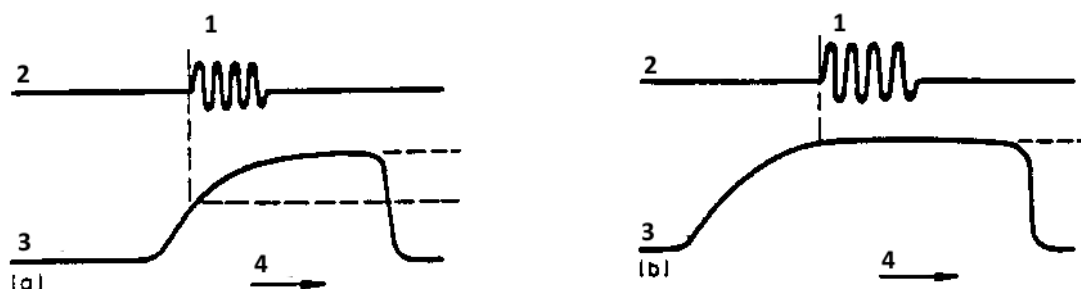


Figure 57 - The importance of allowing welding force to stabilise before applying current. a) force build up time too short, b) appropriate force build up time. 1. Current initiation, 2. Weld current, 3. Force, 4. Time. Source: TWI

Influencia de la configuración del tiempo de compresión:

- a) Tiempo de compresión demasiado corto.
- b) Tiempo de compresión correcto.

Corriente de soldeo

El control de la corriente de soldadura se consigue mediante tomas de transformador (relaciones de bobinado) y mediante el control de porcentaje de calor (control de desplazamiento de fase). La derivación del transformador altera la relación de vueltas del transformador al dar una tensión diferente al transformador y, por lo tanto, una variación en la corriente de soldeo.

El control de porcentaje de calor (control de desplazamiento de fase) retrasa el disparo de la conmutación electrónica, lo que reduce la amplitud de la corriente de soldadura. El efecto de los cambios en el ajuste del grifo y del calor se muestra en la figura.

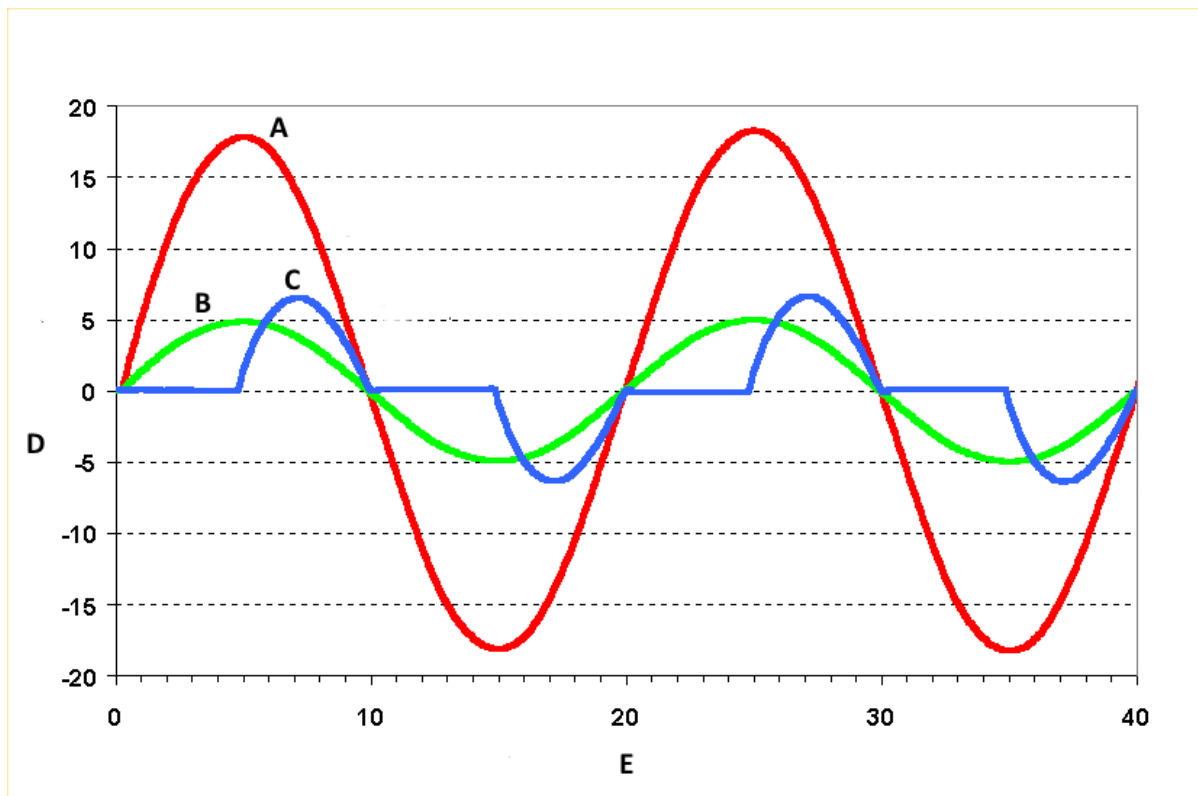


Figura 58 - Control de la corriente de soldadura en corriente alterna monofásica por cambio de toma y control de cambio de fase. A. Grifo alto/alto calor, B. Grifo bajo/alto calor, C. Grifo alto/bajo calor, D. Corriente de soldadura, kA, E. Tiempo de soldadura, msec. Fuente: TWI

La corriente eficaz (media cuadrática) es la corriente continua equivalente para una forma de onda alterna y es el valor normalmente indicado en un medidor de corriente.

La corriente de soldeo se ve afectada por la variación de la tensión de red o por cambios en la resistencia o inductancia del circuito secundario (por ejemplo, el desgaste de los cables de conexión o de los manguitos). Si la corriente medida cae en comparación con el valor actual, el control de desplazamiento de fase se ajusta automáticamente para corregir la desviación.

ELECTRODOS

103

Materiales

Los materiales de los electrodos de uso general son aleaciones de cobre desarrolladas para combinar una alta resistencia con una temperatura de ablandamiento mucho más alta, manteniendo al mismo tiempo una conductividad razonable. En el cuadro se detallan las principales aleaciones.

- Utilice los materiales de electrodos correctos para el trabajo en cuestión.
- No utilice materiales de electrodos no identificados.
- Por lo general, no utilice materiales de electrodos mezclados.
- Forma del electrodo.
- Depende de las limitaciones de los componentes y del acceso.
- Los tipos comerciales se muestran en las figuras 14 y 15.
- Siempre que sea posible, utilice electrodos rectos en el centro de la punta y evite los electrodos angulares.
- La alineación de los electrodos, el desgaste y el acabado de las puntas pueden ser más difíciles con puntas desplazadas o en ángulo.

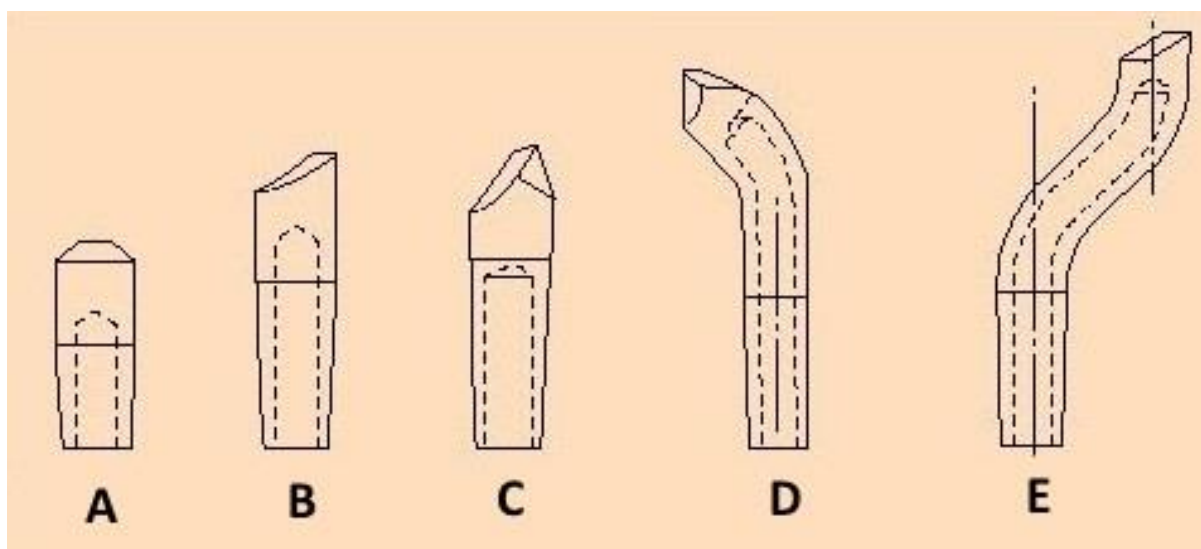


Figura 59 - Formas de electrodos comerciales, normalmente utilizadas en soldadoras por puntos de pedestal estacionarias. A. Centro vertical, B. Desplazamiento vertical, C. Desplazamiento angular, D. Desplazamiento acodado, E. Desplazamiento de doble curvatura. Fuente: TWI

Material		Tipo de aleación	Composición nominal %	Temperatura de ablandamiento °C	Conductividad eléctrica % I.A.C.S.+	Dureza mínima (HV)	Áreas típicas de aplicación
Grupo	Tipo	-	0.1Zr/Cu	~500	92*	120	Aleaciones de aluminio, aceros no recubiertos y aceros recubiertos
	2/1	Cobre/Cromo	1Cr/Cu	500	78	120	Aceros no revestidos y revestidos
	2/2	Cobre/Cromo/Zirconio	1Cr/0.1Zr/Cu	525	75	120	Aceros no revestidos y revestidos

+I.A.C.S - Estándar Internacional de Cobre Recocido
* = valores típicos

Tabla 1. Los materiales de electrodos más utilizados (basados en BS4577, ISO 5182 y datos comerciales).

Tabla 11 - Propiedades de los materiales comunes de los electrodos en soldadura por puntos. Fuente: TWI

Nota: para la mayoría de las aplicaciones de soldadura por puntos en acero se utilizan electrodos A2/1 o A2/2.

105

Diámetro del vástago

- Seleccione el diámetro más grande que se ajuste a la pieza de trabajo y al portaelectrodos. El diámetro mínimo recomendado del vástago es de 3 x diámetro de la punta.
- Se producirá un mayor desgaste de los electrodos con diámetros de vástago más pequeños, especialmente al soldar aceros recubiertos.

Punta del electrodo

- Normalmente se recomienda una punta troncocónica, pero se han utilizado varias otras formas con éxito (Figura 15).
- Las puntas abovedadas son más fáciles de alinear pero sufren un desgaste más rápido.
- Las puntas afiladas se utilizan a veces para soldadores de pistolas.
- El diámetro de la punta del electrodo debe aproximarse a 5t (t = espesor de la chapa más delgada, o el segundo más delgado para 3 espesores).

Portaelectrodos y adaptadores

- Asegúrese de que los cilindros coincidan. Sustituir los componentes desgastados o con fugas.
- Asegúrese de que el cabezal del electrodo y el soporte estén lisos y limpios. Una fina capa de grasa facilita la extracción de los electrodos.
- Utilice las herramientas correctas para retirar los electrodos y evitar daños.
- No utilice un martillo de acero en los electrodos o soportes durante la alineación, se puede utilizar un mazo suave.

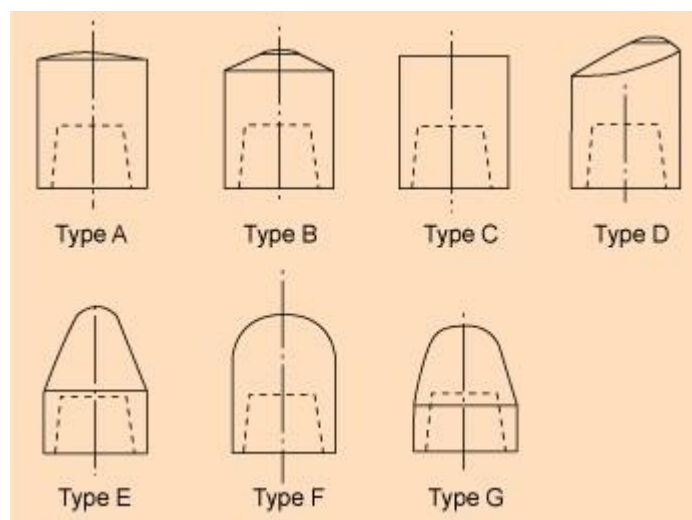


Figura 60 - Formas alternativas de la punta del electrodo, normalmente utilizadas en las pistolas de soldadura por puntos portátiles. Fuente: TWI

Refrigeración por agua

- La vida útil de los electrodos depende en gran medida de la refrigeración por agua.
- Todos los electrodos macho o hembra tienen un conducto de refrigeración interno.
- El tubo de enfriamiento debe ser cortado en ángulo y posicionado cerca de la cara posterior de la punta del electrodo.
- Las puntas hembra se pueden cambiar sin desconectar el agua de refrigeración, pero la refrigeración es menos eficiente debido a la interfaz adicional. Normalmente se recomienda taladrar a través del soporte macho para permitir que el agua se dirija a la cara posterior del electrodo.
- El suministro de agua a los electrodos no debe ser en serie con el agua suministrada en otras partes de la máquina y no debe estar sujeto a una contrapresión que impida el flujo adecuado.

- Se recomienda un caudal mínimo de 4 l/min para aceros no revestidos y mayor para aceros revestidos y secciones más gruesas. Se recomienda un interruptor o indicador de flujo de agua.
- Asegúrese de que el agua esté completamente conectada y de que el suministro esté libre de restricciones o fugas.
- La temperatura del agua de refrigeración afecta a la vida útil del electrodo. Se recomienda una temperatura máxima de entrada de 20°C y una temperatura máxima de salida de 30°C.
- Se recomienda un interruptor o indicador de flujo de agua.



Figura 61 - Disposición para la refrigeración por agua del electrodo. Fuente: TWI

Apósito para electrodos

- Siempre que sea posible, utilice una herramienta de forma para restaurar la punta del electrodo.
- Si es inevitable limar una punta, retire el material del ángulo del cono para restaurar el diámetro deseado de la punta. Elimine poco o nada de material de la cara para mantener la alineación de la punta.
- Se dispone de enderezadores neumáticos o eléctricos para aplicaciones manuales o automáticas.

Requisitos de calidad de soldadura

Los requisitos de calidad de soldadura se especifican normalmente para un componente, ya sea en base a un cliente o a un estándar internacional. En algunas circunstancias, los requisitos estándar se modifican para satisfacer la idoneidad para el propósito.

Los siguientes factores se consideran normalmente para describir la calidad de la soldadura por puntos:

Tamaño de la soldadura: El diámetro nominal de la soldadura es de $5\sqrt{t}$ donde t = espesor de la chapa, mm. El diámetro mínimo aceptable es normalmente de 70 u 80% de este valor. Nota: en un taller de reparación, las pruebas destructivas de las soldaduras por puntos a menudo no son posibles.

Resistencia de la soldadura: La resistencia al cizallamiento puede ser especificada y los requisitos generalmente se relacionan con los tamaños normales de soldadura. Las resistencias a la tensión o a la descascarilladura son más bajas que el cizallamiento y serían más sensibles al endurecimiento de la soldadura. **Nota:** las pruebas de resistencia de la soldadura casi nunca son posibles en un taller de reparación.

Apariencia: Las hendiduras excesivas, las salpicaduras de la superficie (espolones de soldadura), los daños en los bordes y el quemado o agrietamiento de la superficie son por lo general limitados.

Metalográfico: La penetración de los puntos, la dureza de la soldadura, el agrietamiento interno y la porosidad pueden tener límites específicos. **Nota:** las pruebas metalográficas casi nunca son posibles en un taller de reparación.

Configuración: creación de un proceso de soldadura por puntos

Tanto en la producción de automóviles como en la reparación de choques, la soldadura por puntos es el proceso principal para unir chapa fina de acero. La

soldadura por puntos por resistencia es un proceso muy rápido y fiable que se automatiza fácilmente y no requiere mucha habilidad del operador. El mayor requisito técnico de la soldadura por puntos por resistencia es garantizar que el proceso esté correctamente configurado en primer lugar. Se instalará un nuevo proceso de soldadura por puntos por resistencia:

- Fabricación de un componente por primera vez.
- Fabricar un componente existente a partir de una nueva combinación de materiales.
- Reparar un componente.

A pesar de su aparente simplicidad, la soldadura por puntos por resistencia se ve influenciada por muchas variables locales, las variaciones en las características de la máquina de soldar y la influencia de la geometría y el montaje de los componentes hacen que no se pueda aplicar un conjunto universal de parámetros a una determinada combinación de materiales. Aunque existen muchas normas que aconsejan la gama de parámetros que normalmente deben aplicarse a materiales específicos.

Cuando se instala un nuevo proceso de soldadura por puntos por resistencia, se deben buscar los parámetros óptimos (normalmente utilizando una norma como guía) y se debe verificar la calidad de la soldadura, esto se hace mediante pruebas destructivas.

Ensayos destructivos (pelado)

El método principal para la verificación de la calidad de la soldadura por puntos es el ensayo destructivo, en el que las soldaduras por puntos se desgarran por una fuerza aplicada externamente y el metal de origen se rompe de la zona de soldadura. La zona de soldadura es revelada y evaluada por su calidad, para asegurar que es apta para el propósito.

Se aplican comúnmente dos métodos principales de ensayos destructivos:

110

- Ensayo de pelado
- Ensayo de cincelado

Las soldaduras se rompen por la prueba de pelado sujetando una de las chapas soldadas, típicamente en un tornillo de banco. La otra chapa soldada se sujeta con pinzas, alicates o una herramienta de rodillo y se aplica una fuerza tal que la soldadura se carga perpendicularmente a su orientación original, lo que hace que se abra la soldadura. El ensayo de pelado puede ser manual o mecanizado, en el caso de un ensayo mecanizado se puede medir la fuerza de fallo.

En un Ensayo de cinceladoo destructivo, se introduce un cincel entre las láminas que las separan y cargan la soldadura. El cincel puede tener una cuchilla o dos puntas separadas y la fuerza se puede aplicar manualmente o por medios mecánicos. Si el Ensayo de cinceladoo está mecanizado, se puede medir la fuerza de fallo.

ISO10447:2006 "Soldadura por resistencia. Ensayo de pelado y de cincelado en soldaduras por resistencia por puntos y por protuberancias" describe el procedimiento para el ensayo destructivo y la medición de las soldaduras por puntos de resistencia, el equivalente alemán es DIN EN ISO 10447:2007-09.

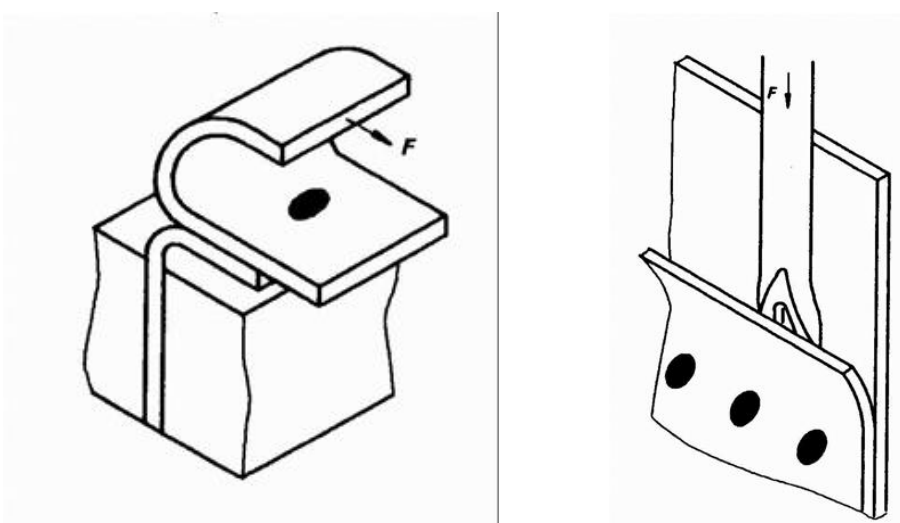


Figura 62 - Ensayo de cincelado. Fuente: TWI

Evaluación de la calidad de la soldadura, análisis de la soldadura

Las pruebas destructivas de cincelado o pelado dan como resultado una zona de soldadura que ha sido arrancada de una de las láminas metálicas, el área de soldadura expuesta puede ser medida. Esta medición del tamaño de la soldadura se utiliza típicamente como indicación de la calidad de la soldadura, es decir, si la soldadura es apta para el uso previsto.

Las soldaduras por puntos se miden con una pinza de Vernier. Como las soldaduras por puntos no siempre son exactamente redondas, se deben realizar dos mediciones a 90° una de la otra. Las dimensiones más grandes y más pequeñas de la soldadura por puntos deben medirse como se muestra en la figura 52. El diámetro medio de soldadura se calcula como se muestra a continuación:

$$\text{Diámetro medio de la soldadura} = d_1 + d_2 / 2$$

d_1 = mayor dimensión de soldadura

d_2 = menor dimensión de soldadura

A menudo se utiliza un diámetro medio mínimo de soldadura con fines de control de calidad; el tamaño de la soldadura suele estar relacionado con el espesor de la chapa. Los diámetros de soldadura promedio mínimos típicos son a menudo $4\sqrt{t}$ o $5\sqrt{t}$, donde t = espesor de la chapa.

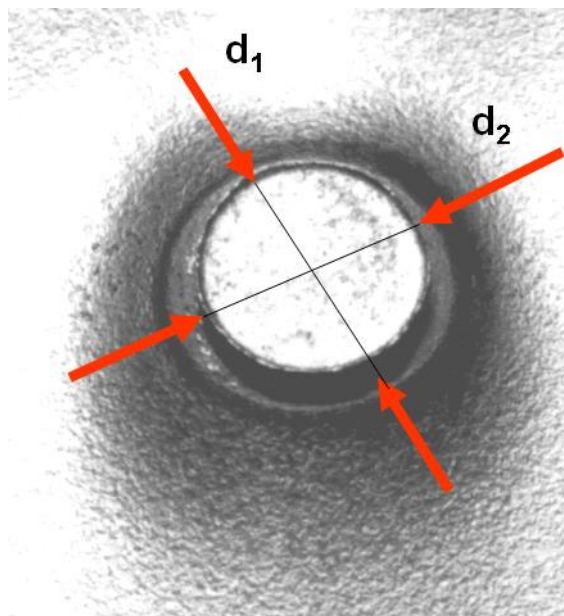


Figura 63 - Medición de una soldadura por puntos. Fuente: TWI

Modos de fallo de la soldadura por puntos

En el acero convencional bajo en carbono, la mayoría de las soldaduras por puntos que se ensayan destructivamente fallarán como un fallo de "tapón" (*plug*) o de "extracción" (*pull out*). Un tapón se caracteriza por el desprendimiento de la zona de soldadura de una de las láminas, dejando una protuberancia visible que se puede medir fácilmente.

Los aceros de mayor resistencia y los aceros de ultra alta resistencia pueden fallar como "interfases" o "tapones parciales". En el caso de un fallo en la interfaz, la soldadura se cizalla directamente a través de su centro, dejando la mitad de la soldadura en cada lámina y sin tapones sobresalientes, figura 53. En el caso del tapón parcial, la zona de soldadura se fracturará parcialmente, entonces la lámina

circundante se fracturará, dejando sólo una parte del tapón de soldadura que sobresale de la lámina.

113

Un fallo de la interfase también es característico de los aceros de mayor resistencia y más gruesos; en caso de fallo de la interfase, la soldadura se cizalla directamente a través de su centro, dejando la mitad de la soldadura en cada lámina y sin tapones que sobresalgan.



Figura 64 - Fallo de tapón. Fuente: TWI

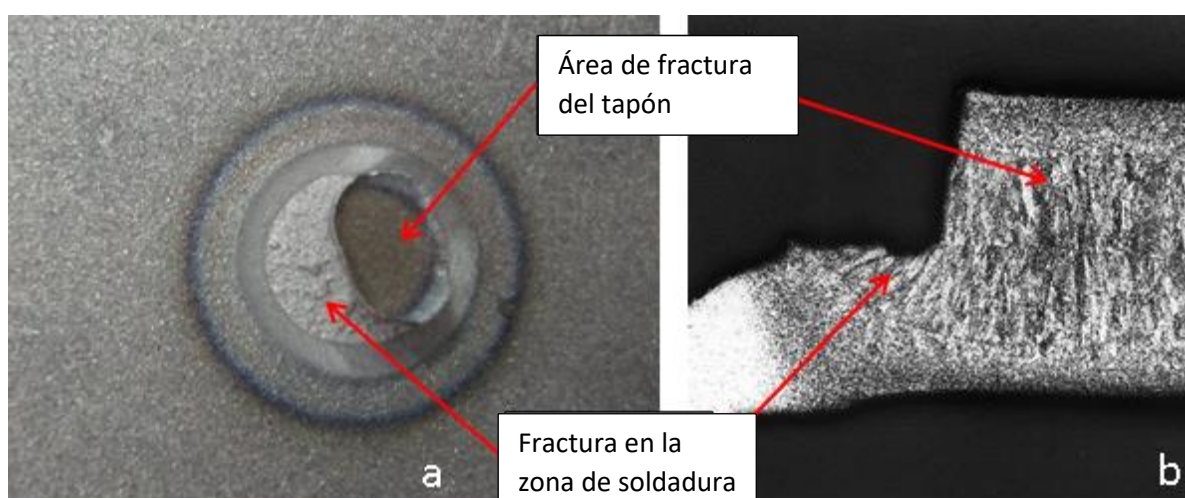


Figura 65 - Fallo parcial de tapón b: sección transversal del tapón parcial. Fuente: TWI



Figure 66 - Fallo de interfase. Fuente: TWI

Al medir el diámetro medio del punto de soldadura, es importante asegurarse de que se registren las dimensiones correctas, hay que tener en cuenta varios factores. Cuando se mide un fallo completa de la soldadura del tapón, es posible que parte del material de la lámina aún esté adherido a la zona de soldadura, este exceso de material debe doblarse hacia atrás para permitir el posicionamiento preciso de la pinza Vernier.

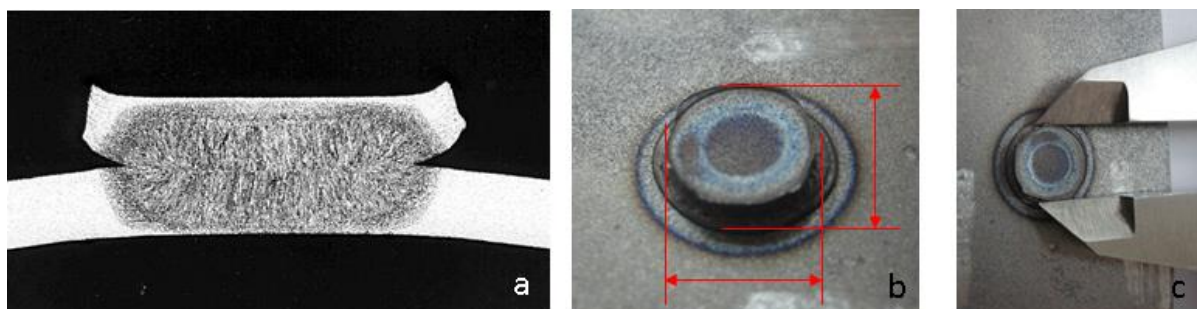


Figura 67 - a. Sección transversal que muestra el exceso de material de la chapa, b: dimensiones de la soldadura a medir, c: posición correcta de la pinza Vernier. Fuente: TWI

Cuando se mide una fallo parcial de la soldadura de tapón, las dimensiones reales de las pepitas de soldadura de la superficie de fractura en bruto, esta área puede estar parcialmente cubierta por el tapón de soldadura. En algunos casos también puede ser necesario el diámetro medio del área del tapón, que se mide posicionando el estribo

Vernier en las dimensiones más grandes y más pequeñas del tapón, de la misma manera que en el caso de un fallo de tapón convencional.

115

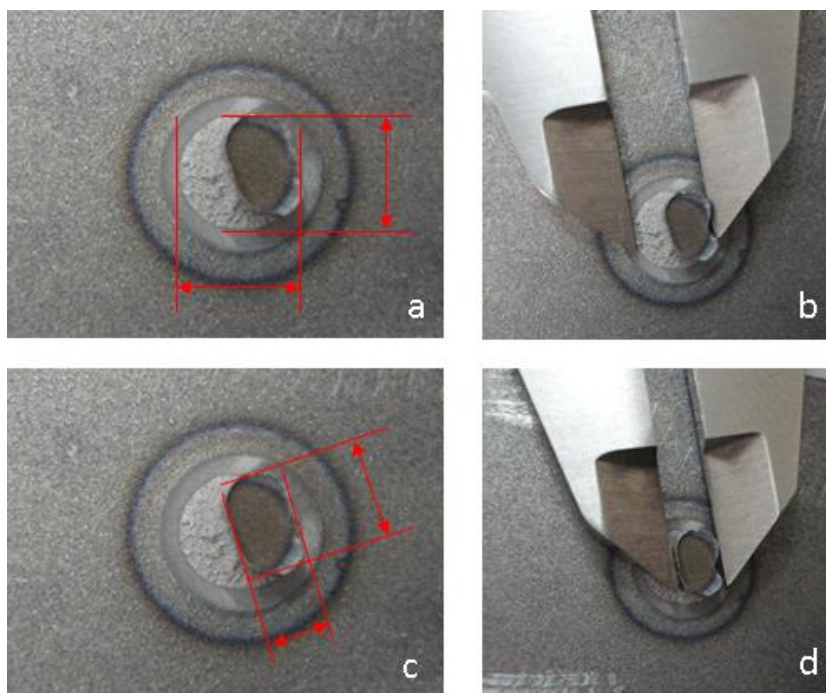


Figura 68 - a. Medición del área de soldadura original de un tapón parcial, b: posición correcta del calibrador Vernier en la superficie de la fractura áspera para obtener el diámetro de soldadura original, c: medición del área del tapón de un tapón parcial, d: posicionamiento del calibrador Vernier en el tapón. Fuente: TWI

Materiales soldables

Es posible soldar una amplia selección de metales y combinaciones de metales mediante procesos de soldadura por resistencia. Sin embargo, con algunas combinaciones, se encuentran dificultades debido a la incompatibilidad metalúrgica, rangos de temperatura de soldeo, etc. Los siguientes materiales ilustran la amplia aplicabilidad del proceso de soldadura:

Acero con bajo contenido en carbono y microaleado	Fácilmente soldable
---	---------------------

Aceros de alta resistencia y ultra alta resistencia	Todos los aceros utilizados en carrocerías de automóviles pueden unirse mediante soldadura por puntos por resistencia. Los
---	--

	materiales de alta resistencia pueden requerir tiempos de soldadura más largos y fuerzas más altas para asegurar que se pueda lograr una buena soldadura.
Aceros con recubrimiento	Los revestimientos de zinc, hierro-zinc y aluminio silicio (AlSi) pueden soldarse satisfactoriamente, aunque la vida útil del electrodo es más corta que la del acero sin recubrir debido a la absorción del recubrimiento en el electrodo. Puede ser necesario un mantenimiento más regular de los electrodos
Aluminio y sus aleaciones	Se requieren altas corrientes de soldeo, la condición de la superficie de la chapa domina la formación de la soldadura, la contaminación del electrodo es un problema importante. El aluminio no se repara mediante soldadura de puntos por resistencia fuera de las instalaciones del fabricante del equipo original

Tabla 12 - Resumen del comportamiento de la soldadura por puntos de los materiales de la carrocería del automóvil

Material	Resistividad, $\mu\Omega\text{cm}$	Resistencia relativa a cobre puro	Conductividad, %
Cobre puro	1.7	1	100
Cobre 1% cromo	2.1	1.2	80
Aceros de bajo carbono y alta resistencia	13.0 6 72	17.6 3.6 42	13 28 2.4
Zinc			
Acero inoxidable			

Tabla 13 - Resistividad eléctrica y conductividad de materiales de electrodos y materiales de chapa soldable

Defectos de soldadura y posibles causas

117

Expulsión en la unión de soldadura (soldadura por puntos)

- Material sucio
- Óxido o cascarilla superficial
- Mal ajuste de los componentes
- Tiempo de compresión demasiado corto
- Fuerza de los electrodos demasiado baja
- Mala alineación de los electrodos
- Corriente de soldeo demasiado alta
- Tiempo de soldeo demasiado alto
- Mala monitorización del electrodo de soldeo

Expulsión en la superficie, adhesión del electrodo

- Tiempo de compresión demasiado corto
- Fuerza del electrodo demasiado baja
- Material sucio
- Óxido o cascarilla superficial
- Las puntas requieren revestimiento
- Mala alineación de los electrodos

Desgaste excesivo de los electrodos

- Tiempo de soldeo demasiado largo
- Fuerza del electrodo demasiado alta
- Corriente de soldeo demasiado alta
- Refrigeración insuficiente
- Aleación del electrodo demasiado blanda
- Electrodo sobrecalentado
- Punta del electrode demasiado pequeña

Hendiduras de soldadura excesivas

- Tiempo de soldeo demasiado largo
- Fuerza del electrodo demasiado alta
- Corriente de soldeo demasiado alta
- Mala alineación de los electrodos
- Mal ajuste
- Distancia cercana al borde
- Salpicaduras

Soldadura pequeña/sin soldadura

- Tiempo de soldeo demasiado corto
- Fuerza del electrodo demasiado alta
- Corriente de soldeo demasiado baja
- Punta del electrodo demasiado larga
- Mal balance térmico
- Las soldaduras están demasiado cerca unas de otras
- Máquina configurada en 'weld off'
- Material sucio
- Óxido superficial o cascarilla
- Interruptor de soldeo apagado
- Mal funcionamiento del regulador
- Mal ajuste de la herramienta

Punto de soldadura desplazado (penetración desigual)

- Electrodos de diferentes materiales
- Electrodos de diferentes tamaños
- Electrodos desalineados
- Mal balance térmico

Grietas en el punto de soldadura

119

- Tiempo de compresión demasiado corto
- Fuerza del electrodo demasiado baja
- Mal seguimiento
- Sin (o mal ajustada) caída dual de presión/corriente (aleación de aluminio)

1.3.3 Seguridad e Higiene y Seguridad ambiental

Trabajar de forma segura, para protegerse a sí mismo, a los demás y al vehículo o a los componentes en los que está trabajando, es una consideración esencial en cualquier operación de soldadura. La responsabilidad de la seguridad recae en todas las personas, pero especialmente en el soldador, no sólo por su propia seguridad, sino también para evitar poner en peligro a otras personas. Su empleador tiene la importante responsabilidad de asegurar que se cumpla con la legislación de salud, seguridad y medio ambiente (HSE) y que se implementen prácticas de trabajo seguras. Si no puede garantizar su propia seguridad y la seguridad de los demás en el área de trabajo, deje de soldar y no comience a soldar de nuevo hasta que el riesgo haya sido controlado.

Su empleador debe asegurar el cumplimiento de todos los documentos apropiados, por ejemplo:

- Legislación - Directivas de la UE sobre SST.
- Normas - OHSAS 18001.
- Sistemas de Gestión de Salud, Seguridad y Medio Ambiente de la Empresa.
- Instrucciones de trabajo - permisos de trabajo, documentos de evaluación de riesgos, etc.

El entorno del taller

120

El trabajador debe asegurarse de que las condiciones de iluminación sean las adecuadas para el trabajo realizado, proporcionando iluminación adicional cuando sea necesario.

Las tareas de limpieza son extremadamente importantes para evitar resbalones, tropiezos y caídas, daños al equipo e incendios.

Hay muchos aspectos de la seguridad de la soldadura por resistencia que el soldador debe considerar:

- Descarga eléctrica
- Campos electromagnéticos
- Calor
- Humos y gases
- Ruido
- Trabajar en altura o en acceso restringido
- Peligros mecánicos: tropiezos, caídas, cortes, impacto de objetos pesados

Descarga eléctrica

El contacto con piezas metálicas con tensión eléctrica puede causar lesiones o la muerte debido al efecto de la descarga sobre el cuerpo o debido a una caída como resultado de la reacción a la descarga eléctrica.

El riesgo de descarga eléctrica asociado con la soldadura por puntos por resistencia es mínimo. Aunque el calor se genera con altos niveles de corriente, el voltaje utilizado en la soldadura es típicamente del orden de 1 Voltio, lo que no es suficiente para causar un choque. Sin embargo, el lado primario de la transformación funciona con corriente de red. Sólo personal eléctrico cualificado debe trabajar en el lado primario del transformador. Se deben seguir los procedimientos de trabajo apropiados.

Es importante que los cables de soldadura puedan soportar el máximo rendimiento posible del equipo de soldadura sin sobrecalentarse, ya que el sobrecalentamiento puede dañar el aislamiento y provocar un mayor riesgo de descarga eléctrica.

La instalación del equipo de soldadura debe ser llevada a cabo por personal debidamente cualificado, que debe comprobar que el equipo es adecuado para la operación y que está conectado de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. El soldador es responsable de revisar el equipo (cables, pistola de soldeo, electrodos) diariamente para detectar daños y reportar defectos. Todas las conexiones externas deben estar limpias y apretadas y deben ser revisadas cada vez que se haga una reconexión.

Acciones del soldador para una práctica segura y evitar descargas eléctricas:

- No use joyas (especialmente anillos) ni correas de reloj metálicas.
- Use ropa protectora, botas de seguridad, guantes, monos, protección para los ojos (gafas).
- Al soldar en el exterior, compruebe que el grado de protección de la fuente de alimentación es adecuado para el entorno y no suelde en la lluvia sin una cubierta adecuada.
- Al soldar el vehículo directamente, asegúrese de que sea eléctricamente seguro; un electricista competente ha aislado las baterías y cualquier sistema de alimentación híbrido, y desconectado las unidades electrónicas sensibles.

Campos electromagnéticos

Los procesos de soldeo pueden producir campos de baja frecuencia que tienen un efecto perjudicial para la salud mental y física de los trabajadores expuestos. Los posibles efectos incluyen la estimulación de músculos, nervios u órganos sensoriales y síntomas transitorios como el vértigo o los fosfenos de la retina. Estos efectos pueden afectar la capacidad del trabajador para trabajar con seguridad.

Los campos electromagnéticos pueden subdividirse en campos magnéticos y eléctricos y, para la mayoría de los procesos de soldeo, es el campo magnético el que es significativo.

La exposición a campos electromagnéticos puede causar efectos biofísicos directos, incluyendo:

- efectos térmicos como el calentamiento de los tejidos.
- efectos no térmicos como la estimulación de músculos, nervios u órganos sensoriales.
- Corrientes en las extremidades.

Los efectos indirectos de los CEM incluyen:

- Interferencia con dispositivos electrónicos médicos tales como marcapasos.
- riesgo de proyección de objetos ferromagnéticos en campos magnéticos estáticos.
- activación de detonadores.
- ignición de materiales inflamables por chispas causadas por campos inducidos.
- corrientes de contacto.

Acciones del soldador para una práctica segura y evitar los campos electromagnéticos:

- Seguir la recomendación de la evaluación del lugar de trabajo.
- No envolver los cables de soldeo alrededor del cuerpo.
- No se apoye en cables de soldeo en espiral.

Nota: los requisitos legales para los CEM pueden variar según los países de Europa

Calor

Como la soldadura de puntos por resistencia depende de la fusión del metal para realizar una unión, se deduce que el metal estará en parte muy caliente. Todos los

metales conducen el calor en mayor o menor grado, por lo que el área calentada a una temperatura que causará quemaduras en la piel es mucho mayor que el área de soldadura en sí.

El proceso de soldadura por puntos puede crear chispas y salpicaduras (expulsión de metal líquido), con el potencial de causar que materiales inflamables cerca del área de soldadura se incendien y causen incendios. El área de soldadura debe estar libre de todo material combustible y es una buena práctica para todo el personal que trabaja en las cercanías de la soldadura saber dónde están los extintores de incendios más cercanos y el tipo correcto de extintor de incendios que se debe utilizar en caso de que se produzca un incendio. Las salpicaduras pueden causar quemaduras, por lo que la ropa protectora, como los guantes de soldadura, los monos ignífugos y los cueros pueden ofrecer protección a la piel expuesta.

Acciones del soldador para una práctica segura y evitar los efectos del calor de soldadura:

- Asegurarse de que se dispone de un EPP adecuado, apto para su uso y correctamente colocado.
- Asegurarse de que el depósito de combustible esté alejado de la unión y de que el automóvil esté protegido, en caso necesario, con mantas ignífugas.

Humos y gases

El humo es una mezcla de partículas generadas por la vaporización, condensación y oxidación de sustancias resultantes del calor de la soldadura. Las partículas de humo son muy pequeñas y pueden permanecer suspendidas en el aire durante largos períodos, donde pueden ser respiradas.

También se pueden crear humos tóxicos a partir de aceites, acabados de pintura, recubrimientos, líneas de unión adhesivas, materiales plásticos en las proximidades de la unión soldada.

Los siguientes aspectos pueden influir en el grado de exposición del soldador a humos y gases:

- Posición de soldeo
- Ubicación y tipo de lugar de trabajo

Por lo tanto, los soldadores que utilizan el mismo proceso pueden estar expuestos a diferentes niveles de humo. Por lo tanto, los riesgos de cada puesto de trabajo deben evaluarse individualmente.

Extracción en la pistola

En volúmenes pequeños, la extracción de humos de soldadura por puntos no suele ser necesaria. Sin embargo, si los materiales soldados producen humos pesados, se puede utilizar la extracción. Los sistemas de ventilación local por extracción (LEV) y los sistemas de extracción a pistola (o de proximidad a la pieza de trabajo) nunca son 100% eficientes, especialmente cuando se sueldan estructuras incómodas, la ventilación general también puede ser necesaria para controlar el nivel de fondo de los humos.

Como cada tipo de equipo de extracción tiene sus limitaciones, es importante seleccionar el equipo adecuado para cada trabajo. También es esencial que los soldadores estén adecuadamente capacitados para utilizar el equipo y adoptar buenas prácticas de trabajo. La supervisión es necesaria para asegurar que el equipo se utiliza eficazmente y para minimizar el nivel de humos de fondo en el taller.

Como regla general, si el aire es visiblemente claro y el soldador se encuentra cómodo, la ventilación probablemente sea adecuada.

Ruido

La exposición a ruidos fuertes puede dañar permanentemente la audición, causar estrés y aumentar la presión arterial. Trabajar en un ambiente ruidoso durante largos periodos de tiempo puede contribuir al cansancio, nerviosismo e irritabilidad. Si la

exposición al ruido es superior a 85 decibelios, promediada durante un período de ocho horas, se debe llevar protección auditiva y realizar pruebas auditivas anuales. El empleador tiene la responsabilidad de asegurar que los trabajadores usen la protección.

Las operaciones normales de soldadura por resistencia no están asociadas a problemas de niveles de ruido excesivos. El ruido asociado a la soldadura suele deberse a operaciones auxiliares como el astillado, la esmelirado y el martilleo. Se debe usar protección auditiva cuando se realicen o se trabaje en las proximidades de estas operaciones.

Riesgos mecánicos

El entorno en el que trabaja un soldador presenta una serie de riesgos que no son específicos del proceso de soldadura en sí. A menudo se requiere la manipulación manual de componentes metálicos pesados y torpes. Las láminas de metal más delgadas y ligeras pueden tener bordes afilados. Los resbalones, tropiezos y caídas pueden ser más probables, ya que la soldadura a menudo requiere que los cables gruesos se extiendan por el suelo. Para contrarrestar estos problemas, se debe utilizar la práctica estándar de seguridad y protección de los talleres. Los soldadores necesitan formación en la manipulación de materiales, tanto manual como mecánica; deben llevar guantes de protección, cascos, monos y botas; el cableado en el suelo debe ser mínimo y estar claramente señalizado o marcado como un riesgo de tropiezo.

Hay peligros que son el resultado directo del proceso de unión, ya que durante la soldadura, las chispas y el metal fundido pueden ser expulsados. Estos son más comunes en la soldadura por arco, pero también pueden ocurrir en procesos de resistencia. El soldador debe usar equipo de protección personal (PPE). Toda la ropa debe ser resistente al fuego y se recomienda el uso de delantales de cuero, chaquetas, gorros, etc.

El esmerilado se utiliza comúnmente en la preparación del metal para la soldadura y durante la limpieza y rectificación del metal depositado. Las amoladoras de ruedas y angulares son las herramientas favoritas por su velocidad de eliminación de material. Esto crea un peligro, no sólo para el operador sino también para el personal adyacente y de paso, ya que el material expulsado puede ser lanzado a cierta distancia. Obviamente, el operador necesita una protección adecuada con ropa, guantes, protectores para toda la cara y, a veces, una máscara antipolvo, pero toda el área también necesita protección con cortinas para proteger a los demás. Se pueden utilizar mantas ignífugas para proteger el vehículo de las chispas de molienda, y se debe tener cuidado para evitar la contaminación cruzada entre los vehículos y los materiales del taller.

Uno de los peligros más graves es el uso persistente de herramientas eléctricas portátiles, tales como esmeriladoras, lijadoras, herramientas de impacto y cinces que pueden provocar una enfermedad a largo plazo: el síndrome de vibración mano-brazo, también conocido como "dedo blanco" o "mano muerta". Se alienta a los empleadores a comprar únicamente herramientas eléctricas diseñadas y construidas para reducir el riesgo de vibración, y se les exige que realicen una evaluación e identifiquen medidas para eliminar o reducir el riesgo. Se requiere que usted use estas herramientas eléctricas sólo como se le indica, y debe reportar cualquier síntoma, incluyendo hormigueo y entumecimiento en los dedos, no poder sentir las cosas apropiadamente, pérdida de fuerza en las manos, las puntas de los dedos se vuelven blancas y se enrojecen y duelen al recuperarse.

El atrapamiento de partes del cuerpo de la ropa entre los electrodos de soldeo por puntos es el principal riesgo mecánico de la soldadura por puntos por resistencia. Asegúrese de que los operarios y asistentes, las manos y la ropa no estén cerca de los

electrodos durante el cierre, ya que se emplean regularmente fuerzas superiores a 1000 N (100 kg), el atrapamiento puede provocar lesiones muy graves.

En el taller

Lista de verificación para la instalación del equipo

Requerimientos de calidad:

- En primer lugar, determine qué tamaño de soldadura (diámetro mínimo) y otros requisitos de calidad son necesarios para la combinación de material y espesor que se va a unir.
- Consulte el estándar del cliente, el estándar interno o las normas nacionales, lo que tenga prioridad.
- Equipo
- Asegurarse de que se ha elegido el equipo adecuado para permitir que se logren los ajustes de soldadura necesarios dentro de la capacidad de la máquina.
- Asegúrese de que la máquina y el temporizador funcionan correctamente y de que la refrigeración por agua es adecuada.
- Asegúrese de que las herramientas estén debidamente aisladas y no interfieran con la aplicación de presión o el flujo de corriente.

Materiales:

- Verificar que los materiales cumplen la especificación requerida.
- Asegúrese de que las superficies estén libres de contaminación, óxido, pintura, etc.
- Asegúrese de que el ajuste de la pieza, el ancho de la brida y la distancia del borde sean adecuados.

Electrodos:

- Decidir qué diámetro de punta se requiere para alcanzar el tamaño de soldadura deseado (el tamaño mínimo de soldadura suele ser del 70-80% de este valor).
- Elija el material de electrodo correcto para el trabajo y un diseño de electrodo que se adapte al acceso a la pieza, utilizando electrodos y soportes con un diámetro de vástago adecuado.

- Mecanice o rectifique los electrodos al tamaño requerido y asegúrese de que la alineación de los electrodos sea precisa bajo carga en la máquina de soldeo.
 - Si el estado de los electrodos se deteriora durante el trabajo, repare los electrodos con un cambiador de puntas o sustitúyalos.

Fuerza del electrodo:

- Seleccione la fuerza requerida que sea apropiada para los materiales que se van a soldar y el tamaño de la punta del electrodo que se va a utilizar. Las condiciones recomendadas están disponibles. Los ajustes inapropiados pueden afectar la soldabilidad y la calidad de la soldadura.
- Ajustar la fuerza necesaria con una célula de carga y registrar la presión de aire necesaria para alcanzar dicha fuerza.

Ajuste de los parámetros de soldeo:

- Configurar la secuencia de tiempo.
- El tiempo de compresión debe ajustarse con un analizador de compresión o ajustarse inicialmente a un tiempo largo para asegurar que la fuerza se logre completamente antes del flujo de corriente.
- El tiempo de soldeo debe seleccionarse de acuerdo con las condiciones recomendadas.
- El tiempo de compresión es menos crítico, de 5 a 10 ciclos es normalmente adecuado para materiales delgados, por ejemplo, de hasta 1,5 mm de grosor, y más largo para materiales más gruesos o cuando el ajuste es deficiente.

Corriente de soldeo:

- Realizar soldaduras de prueba en material de repuesto.
- Hacer soldaduras a niveles crecientes de corriente hasta que se logre la calidad de soldadura requerida en las pruebas de pelado o cincelado.
- Un ajuste justo por debajo del que da salpicaduras generalmente da la mejor tolerancia de soldadura.



Registros de configuración:

129

- Es una buena práctica registrar las condiciones finales de instalación utilizadas en una hoja de trabajo o de proceso.

Preparación del taller para la soldadura de puntos por resistencia:

Documentación: ¿Qué documentos necesita tener antes de empezar a soldar?

Documentos de salud, seguridad y medio ambiente:

.....

.....

Normas de soldadura o documentos de aceptación de calidad:

.....

.....

Equipo de protección personal: Enumere el EPP que debe usar y realice la inspección previa al uso.

.....

.....

Equipos de ventilación y extracción (si se requiere): Realizar la inspección previa al uso, posicionar y poner en funcionamiento el equipo.

Notas

Equipos de soldadura de puntos por resistencia: Realice la inspección previa al uso, compruebe los registros de mantenimiento y calibración e instale los electrodos consumibles.

130

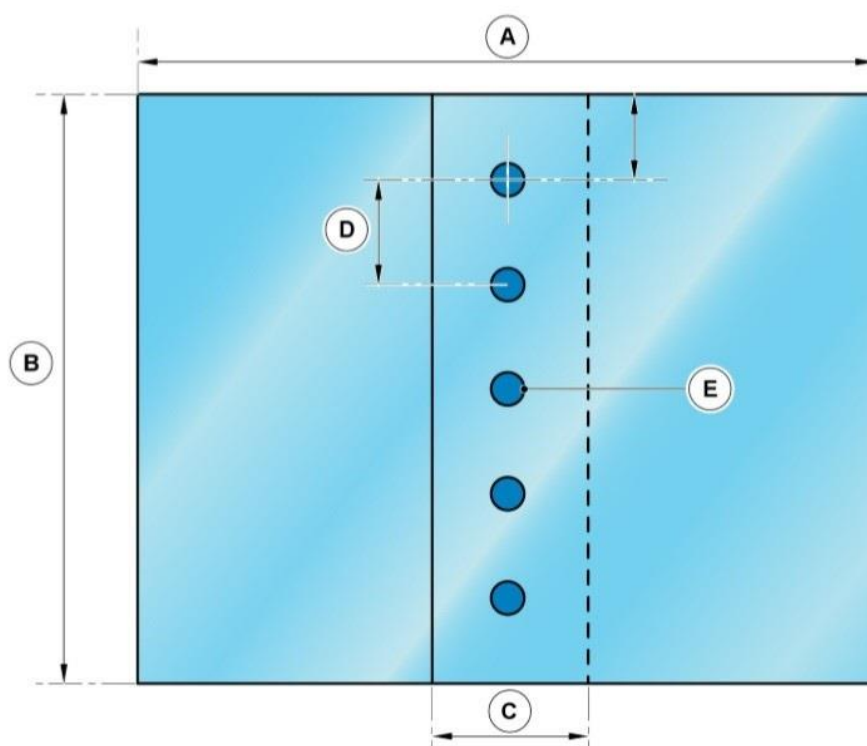
Notas:

2ª Formación Práctica

Soldadura de puntos por resistencia en piezas de prueba acero-acero

(2 horas)

Su formación práctica consistirá en la realización de soldaduras por puntos de resistencia en dos chapas de acero superpuestas. El material debe ser dos veces mayor que el de las chapas de acero de una sola lámina de 0,6 - 1,5 mm de espesor, las chapas pueden ser sin recubrimiento o con recubrimiento de zinc.



Elemento	Descripción	Elemento	Descripción
A	Longitud total – 115mm (4.5 pulgadas)	B	Ancho – 180mm (7.0 pulgadas)
C	Solapamiento – 35mm (1.3 pulgadas)	D	Separación – 30 mm (1.1 pulgadas)
E	Soldadura de puntos por resistencia		

Figura 69 – Pieza de ensayo. Tabla 14. Fuente: TWI



Figura 70 - Mordaza / Mordaza autoblocante. Fuente: TWI



Figura 71 - Alicates y pinzas. Fuente: TWI



Figura 72 – Calibre de Vernier. Fuente: TWI

Consumibles
12 chapas de acero de 75 x 180 x 0.9 mm.
Herramientas
Mordazas autoblocantes.
Máquina de soldadura por puntos por resistencia
Alicates o pinzas
Calibre de Vernier

Seguridad e Higiene

Uso: ropa de trabajo, guantes de goma o de plástico impermeable, gafas protectoras.

Se recomienda una ventilación adecuada del lugar de trabajo.

Proceso de trabajo**Preparar la pieza de ensayo**

Realice la prueba de acuerdo con el plan indicado.

Preparación de las chapas y sujeción

Coloque las chapas en una disposición en la que una se superponga a la otra con un ancho de brida de 35 mm, como se muestra en la figura.

Sujete las chapas en posición en ambos lados con las mordazas autoblocantes.

Configuración del programa de soldadura de puntos por resistencia

Después de las mediciones de la pieza de prueba, realice la soldadura de puntos por resistencia.

Seleccione los parámetros de soldeo de acuerdo con una instrucción o norma, seleccione inicialmente un valor de baja corriente o un porcentaje de calor.

Coloque la pieza de prueba entre los electrodos y realice la primera soldadura.

Si se produce una salpicadura (expulsión de metal líquido), reduzca la corriente de soldeo (o el porcentaje de calor) en aproximadamente un 10% del valor inicial.

Realización del ensayo de soldadura por puntos (Parte A)

Registre todos los parámetros en una hoja de prueba como se muestra a continuación.

Colocar la probeta entre los electrodos y realizar la primera soldadura (La distancia (paso) entre las siguientes soldaduras debe ser de 30 mm).

Si se produce una salpicadura (expulsión de metal líquido), reduzca la corriente de soldeo (o el porcentaje de calor) en aproximadamente un 50% del valor inicial.

Si la soldadura se realiza sin salpicaduras, aumente la corriente en pequeños pasos (0,2kA o + 2,5% de calor).

Continúe aumentando la corriente en pequeños pasos y soldando las piezas de prueba hasta que se produzcan salpicaduras.

Al final de la prueba, sujete un lado de la probeta con una mordaza y abra el otro lado con unos alicates o unas pinzas.

Mida el tamaño de la soldadura por puntos con un calibre de Vernier como se muestra en la figura.

Registre el diámetro más grande y más pequeño del área de soldadura y calcule el promedio, registre los datos en la hoja de datos.

Compruebe si el requisito de tamaño mínimo de soldadura se puede cumplir en una condición de soldeo estable antes de salpicarse (se produjo una expulsión de metal líquido).

Al final del soldeo, compruebe que el estado del electrodo no esté contaminado por adhesivos (o por un desgaste excesivo como consecuencia del recubrimiento de zinc, si se ha utilizado acero recubierto). Si es necesario, repare la superficie del

electrodo con una herramienta de rectificado de puntas, o reemplace el electrodo con uno nuevo.

Repetición de la prueba de soldadura por puntos (Parte B, tiempo de soldeo variado)

En la Parte A, se definió una ventana de proceso de soldadura por puntos para un conjunto fijo de parámetros.

En la Parte B, los parámetros de soldadura por puntos se modificarán seleccionando un tiempo de soldeo que puede ser el 50% del tiempo utilizado en la Parte A o el 200% del tiempo utilizado en la Parte A.

Colocar la probeta entre los electrodos y realizar la primera soldadura (La distancia (paso) entre las siguientes soldaduras debe ser de 30 mm).

Si se produce una salpicadura (expulsión de metal líquido), reduzca la corriente de soldeo (o el porcentaje de calor) en aproximadamente un 50% del valor inicial.

Si la soldadura se realiza sin salpicaduras, aumente la corriente en pequeños pasos (0,2kA o + 2,5% de calor).

Continúe aumentando la corriente en pequeños pasos y soldando las piezas de prueba hasta que se produzcan salpicaduras.

Al final de la prueba, sujete un lado de la probeta con una mordaza y abra el otro lado con unos alicates o unas pinzas.

Mida el tamaño de la soldadura por puntos con un calibre Vernier como se muestra en la figura.

Registre el diámetro más grande y más pequeño del área de soldadura y calcule el promedio, registre los datos en la hoja de datos.

Compruebe si el requisito de tamaño mínimo de soldadura se puede cumplir en una condición de soldeo estable antes de salpicarse (se produjo una expulsión de metal líquido).

Compare los resultados con la prueba de la Parte A para ver la influencia del tiempo de soldadura en el proceso.

Al final del soldeo, compruebe que el estado del electrodo no esté contaminado por adhesivos (o por un desgaste excesivo como consecuencia del recubrimiento de zinc, si se ha utilizado acero recubierto). Si es necesario, repare la superficie del electrodo con una herramienta de rectificado de puntas, o reemplace el electrodo con uno nuevo.

Repetición del ensayo de soldadura por puntos (Parte C, fuerza de soldeo variada)

En la Parte A, se definió una ventana de proceso de soldadura por puntos para un conjunto fijo de parámetros.

En la Parte C, los parámetros de soldadura por puntos se variarán seleccionando una fuerza de soldeo, ya sea el 50% del tiempo utilizado en la Parte A o el 200% del tiempo utilizado en la Parte A.

Colocar la probeta entre los electrodos y realizar la primera soldadura (La distancia (paso) entre las siguientes soldaduras debe ser de 30 mm).

Si se produce una salpicadura (expulsión de metal líquido), reduzca la corriente de soldeo (o el porcentaje de calor) en aproximadamente un 50% del valor inicial. Si la soldadura se realiza sin salpicaduras, aumente la corriente en pequeños pasos (0,2kA o + 2,5% de calor).

Continúe aumentando la corriente en pequeños pasos y soldando las piezas de prueba hasta que se produzcan salpicaduras.

Al final de la prueba, sujete un lado de la probeta con una mordaza y abra el otro lado con unos alicates o unas pinzas.

Mida el tamaño de la soldadura por puntos con un calibre Vernier como se muestra en la figura.

Registre el diámetro más grande y más pequeño del área de soldadura y calcule el promedio, registre los datos en la hoja de datos.

Compruebe si el requisito de tamaño mínimo de soldadura se puede cumplir en una condición de soldeo estable antes de salpicarse (se produjo una expulsión de metal líquido).

Compare los resultados con la prueba de la Parte A para ver la influencia de la fuerza de soldadura en el proceso.

Al final del soldeo, compruebe que el estado del electrodo no esté contaminado por adhesivos (o por un desgaste excesivo como consecuencia del recubrimiento de zinc, si se ha utilizado acero recubierto). Si es necesario, repare la superficie del electrodo con una herramienta de rectificado de puntas, o reemplace el electrodo con uno nuevo.

Repetición de la prueba de soldadura por puntos (Parte D, distancia entre soldaduras variada)

En la parte D, la distancia entre soldaduras por puntos deberá variar para ver el efecto sobre la calidad de la soldadura.

Seleccione los parámetros de soldeo preferidos de las Partes A, B o C.

Fabricar una soldadura por puntos inicial.

Fabricar la segunda soldadura a una distancia de 30 mm.

Fabricar la 3ª soldadura a una distancia de 60mm.

Fabricar la 4ª soldadura a una distancia de 10 mm.

Al final de la prueba, sujete un lado de la probeta con una mordaza y abra el otro lado con unos alicates o unas pinzas.

Mida el tamaño de la soldadura por puntos con un calibre Vernier como se muestra en la figura.

Registre el diámetro más grande y más pequeño del área de soldadura y calcule el promedio, registre los datos en la hoja de datos.

Compare los resultados con las pruebas anteriores para ver la influencia de la distancia entre soldaduras en la calidad de la soldadura.

Al final del soldeo, compruebe que el estado del electrodo no esté contaminado por adhesivos (o por un desgaste excesivo como consecuencia del recubrimiento

de zinc, si se ha utilizado acero recubierto). Si es necesario, repare la superficie del electrodo con una herramienta de rectificado de puntas, o reemplace el electrodo con uno nuevo.

Ejemplo de hoja de datos.

Nombre del operario: Fecha: Máquina de soldeo: Normas / procedimientos seguidos: Vehículo / componente:					Material 1: Material 2: Material 3:	
Detalles del electrodo Refrigeración por agua Dimensiones pieza de ensayo: Distancia entre soldaduras: Adhesivo usado: Fecha de caducidad del adhesivo:					Tiempo de compresión: Tiempo de soldeo: Tiempo de espera: Fuerza del electrode / presión: Punta del electrodo:	
Nº soldadura	Corriente (kA o calor %)	Diámetro soldadura d1 (mm)	Diámetro soldadura d2 (mm)	Diámetro medio $d1+d2/2$ (mm)	Salpicadura (expulsión)	Comentarios Observaciones

Unidad de Competencia 2

Carrocería fabricada en Acero/Aluminio/Materiales Compuestos – Reparación mediante Adhesivos y Uniones Mecánicas

2.1 Materiales utilizados en la fabricación de carrocerías de vehículos

El material utilizado tradicional y principalmente en la fabricación de carrocerías de vehículos es la chapa de acero, aunque poco a poco ha ido dando paso a otros materiales alternativos, como el plástico y el aluminio. Esto se debe a las propiedades óptimas que estos materiales muestran para ciertas aplicaciones.

La carrocería del automóvil actual puede considerarse como un conglomerado de varios tipos de metales y plásticos, cada uno de los cuales se aplica donde sus propiedades son más adecuadas para necesidades y requerimientos específicos. Muchas de las soluciones adoptadas hoy en día por la mayoría de los fabricantes de automóviles conducen a la coexistencia, en una sola carrocería, de diversos materiales como el acero, el aluminio y el plástico, e incluso materiales compuestos. Estos materiales también pueden interactuar entre sí en una sola pieza, dando lugar a lo que se conoce como uniones híbridas.

Acero

El acero es una aleación de hierro y carbono con un contenido relativamente bajo de carbono; rara vez supera el 1,76%. El hecho de que este sea el material utilizado en la fabricación de carrocerías de vehículos se debe a una serie de circunstancias que lo convierten en un producto ideal para las necesidades requeridas. Además, se adapta muy bien a otra serie de requisitos del automóvil:

- El acero es apto para recibir diversos recubrimientos superficiales (recubrimientos electrolíticos, fosfatación, etc.) y, finalmente, un acabado con pintura de calidad.
- Buena resistencia a la corrosión mediante el uso de aceros pre-revestidos (normalmente galvanizados).
- Posibilidad de mejoras en el peso final de la estructura, mediante la utilización de aceros de alta y ultra alta resistencia.
- Fácil de conformar.
- Buena soldabilidad.

Los aceros utilizados actualmente en la fabricación de carrocerías de vehículos pueden ser de diversos tipos.

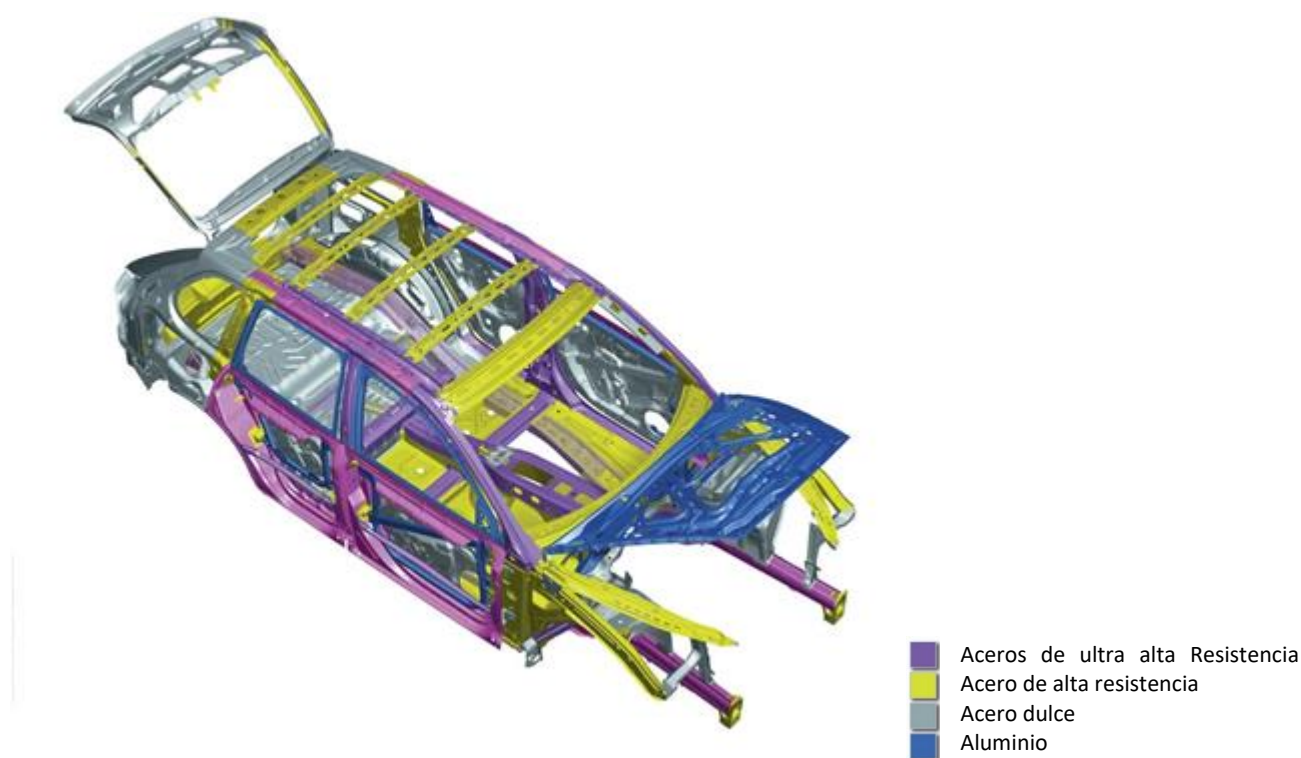


Figura 73- Aceros en la fabricación de carrocerías. Fuente: <https://www.autosteel.org/-/media/files/autosteel/great-designs-in-steel/gdis-2008/12---advances-in-ahss-for-automotive-applications.ashx>

Aluminio

Desde mediados de los años 70, el porcentaje de uso del aluminio en los automóviles se ha triplicado. Hoy en día, más de un centenar de piezas diferentes de un vehículo se fabrican con aluminio, y su penetración en el mercado sigue creciendo.

En la actualidad, el aluminio se utiliza en un gran número de vehículos para la fabricación de paneles exteriores para grandes superficies, como capós y paneles laterales. Esto ha permitido un ahorro de peso de entre el 40% y el 60%, en comparación con la misma pieza fabricada en acero.

Los beneficios del aluminio en cuanto a ahorro de peso, consumo de combustible, seguridad e impacto ambiental, son reconocidos por todos los fabricantes.

La combinación de baja densidad, alta resistencia y excelente resistencia a la corrosión hacen de las aleaciones de aluminio un material atractivo para la fabricación de paneles de carrocerías de vehículos e incluso para la fabricación integral de carrocerías de vehículos con este material.

Existen numerosas aleaciones de aluminio con diferentes composiciones comerciales; sin embargo, hay tres que son las más utilizadas en la fabricación de carrocerías: cobre-aluminio, aluminio-magnesio y aleaciones de aluminio-magnesio-silicio.

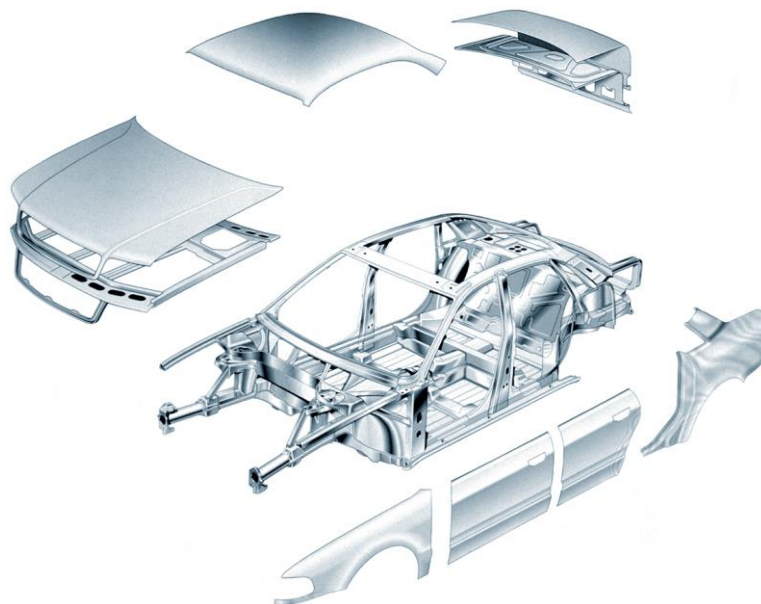


Figura 74 - Carrocería completa de aluminio. Fuente: <https://www.audi.pt/pt/web/pt/modelos/layer/tecnologia/audi-space-frame.html>

Entre las ventajas del aluminio para la fabricación de carrocerías de vehículos destacan las siguientes:

- Su peso específico es, aproximadamente, un tercio del del acero.
- El óxido de aluminio forma una fina capa de barrera en la superficie metálica cuando el metal está expuesto al aire. Si el óxido se raya o daña, se reforma rápidamente dando al metal un alto nivel de protección natural contra la corrosión. Sin embargo, la exposición al agua salada todavía puede causar corrosión.
- Las aleaciones de aluminio pueden reciclarse fácilmente al final de su vida útil.
- Se necesita menos energía para la reutilización que para el acero.
- Fácil de conformar.
- Es apto para la unión mediante soldadura MIG.
- Tiene una gran capacidad para absorber energía en caso de colisión.
- No es tóxico.

Plástico

Se acostumbra a denominar a todos los compuestos de naturaleza orgánica que son fácilmente deformables cuando se someten a presión o temperatura bajo el nombre genérico de plásticos; sin embargo, no todos los plásticos se comportan de esta manera. Debido a la inclusión de una serie de aditivos o refuerzos, en particular fibras de vidrio o de carbono, estos materiales compuestos reforzados con fibras tienen una relación resistencia/peso extremadamente alto.

En las últimas décadas, el uso de los plásticos en la industria ha aumentado drásticamente.

La industria automovilística, por supuesto, no se ha quedado al margen de esta tendencia, y utiliza el plástico prácticamente excluyendo cualquier otra cosa en la fabricación de elementos como parachoques, tapacubos y un sinfín de piezas en el interior del vehículo. Hoy en día, un automóvil típico promedio debe

aproximadamente 120 kg de su peso a estos materiales, lo que representa alrededor del 10% del peso total del vehículo.

El uso del plástico no sólo se limita a la fabricación de accesorios y piezas pequeñas, sino que también ha adquirido un papel importante en la fabricación de paneles y elementos de carrocería de vehículos o, en el caso de los compuestos reforzados con fibra, de carrocerías enteras de vehículos.

Las ventajas de los plásticos son:

- Buena resistencia a las abolladuras. En este caso, la carrocería de plástico tolera el impacto flexionando ligeramente y recuperando su forma original después del impacto.
- La carrocería no se ve afectada por la corrosión, lo que supone una gran desventaja para la carrocería de acero. La corrosión del acero es incluso responsable de limitar la vida útil del automóvil.
- Las carrocerías de plástico son mucho más ligeras que sus equivalentes de acero. Por ejemplo, se puede afirmar que un capó fabricado en plástico pesa unos 9,2 kg, mientras que un capó de acero puede alcanzar los 17 kg.

Material compuesto

El término "material compuesto" se reserva a aquellos materiales (generalmente bifásicos) constituidos por dos o más materiales diferentes que, combinados adecuadamente, mejoran las propiedades finales.

Dentro del campo de los materiales compuestos, se pueden distinguir tres tipos según el tipo de matriz utilizada: compuestos de matriz orgánica, compuestos de matriz cerámica y compuestos de matriz metálica.

En el sector de la automoción nos ocupamos de los composites de matriz orgánica más utilizados, con adición de fibras para conseguir una resistencia y rigidez extremadamente alta. Las fibras están hechas típicamente de vidrio o carbono (y en algunos casos de aramida). Las fibras pueden ser dispuestas en una amplia variedad de patrones para lograr los requisitos de rendimiento mecánico específicos.

La matriz desempeña el papel de elemento de unión, dando forma geométrica al material compuesto. Normalmente es relativamente flexible pero no muy fuerte. Su misión principal es mantener las fibras unidas y unificadas, transmitiendo las fuerzas de un tipo de fibra al otro.

Además de asegurar la unión de las fibras, también proporciona dureza, sellado hermético y resistencia a la compresión.

2.2 Adhesivo de unión en la reparación de carrocerías de automóviles

La unión adhesiva consiste en el uso de una sustancia no metálica que sufre una reacción de endurecimiento físico o químico que hace que las piezas se unan a través de la adherencia de la superficie (adhesión) y la fuerza interna (cohesión). Es una buena práctica asegurarse de que las superficies de unión estén bien limpias, ya que los contaminantes pueden impedir que el adhesivo se adhiera al material de base. El adhesivo requiere tiempo de curado, que debe tenerse en cuenta durante el proceso de reparación.

La adhesión con adhesivo permite la unión de diferentes tipos de materiales (por ejemplo, acero y aluminio), que es una capacidad de la que a menudo carece una técnica de soldadura. Otra ventaja de este método de unión es que no genera zonas térmica o mecánicamente debilitadas alrededor de una unión.

Aunque la unión adhesiva se puede utilizar en muchas aplicaciones dentro de la industria automotriz, desde el sellado hasta la unión de vidrio, aquí nos centraremos en su uso dentro de los procedimientos de reparación. La unión adhesiva se puede utilizar para fijar un componente de repuesto al vehículo, así como en la fabricación de la nueva pieza. Las reparaciones de las uniones estructurales son posibles si el taller cumple con las condiciones requeridas. Si no se puede garantizar que el adhesivo

pueda soportar las tensiones mecánicas previstas, también se pueden utilizar fijaciones mecánicas.

2.2.1 Tipos de adhesivos

Un adhesivo es un material capaz de establecer procesos de unión entre dos piezas de trabajo adherentes y desarrollar fuerzas de cohesión. Como resultado, proporciona una resistencia interna a la separación de las dos piezas, sin que se realicen cambios estructurales.

En el campo de los adhesivos se pueden establecer diferentes clasificaciones, teniendo en cuenta diferentes conceptos: forma física, base química, características físico-químicas de la junta, estructura del adhesivo una vez curado, etc.

En el campo de la unión de carrocerías, los adhesivos más utilizados son los sintéticos-orgánicos, cuyo curado se realiza por reacción química, resinas epoxi (EP), poliuretanos (PUR) y cianoacrilatos (CA). (El Reglamento UNE-EN 923 enumera todos los tipos de adhesivos, términos y definiciones).

Resinas Epoxi

Los adhesivos epoxi están compuestos por una resina epoxi y un endurecedor. Se componen de una o dos partes, resinas monocomponentes o resinas bicomponentes. En las líneas de producción de carrocerías de automóviles, el principal adhesivo utilizado es una resina epoxi de un solo componente, que se endurece durante el ciclo térmico del proceso de recubrimiento del vehículo (E-coating). En la reparación de vehículos, el tipo de adhesivo más común es el epoxi de dos componentes, en el que la reacción de curado químico tiene lugar a temperatura ambiente.

Existen diferentes resinas y endurecedores, que dan lugar a una gran variedad de formulaciones y prestaciones.

Sus características principales son:

- Excelente adherencia sobre diferentes sustratos, como metales, plásticos, cerámicas, etc., debido principalmente a su capacidad de absorción de humedad y baja viscosidad.
- Si la preparación y aplicación del adhesivo se ha realizado correctamente, generalmente ofrecen una buena resistencia a los fallos debidos a la cohesión.
- Estas resinas se curan sin liberar agua u otros subproductos, evitando así atrapar gases y porosidades en la junta. Durante el curado, sólo se produce una ligera contracción. En el caso de los epoxis de dos componentes, el curado se realiza a temperatura ambiente, lo que permite la elección de procesos de secado sencillos y económicos.
- Su tiempo de curado varía ampliamente, dependiendo del tipo de resina; generalmente, las que tienen un tiempo rápido son más elásticas que las que tienen un tiempo de curado lento.
- Tienen buena resistencia a la humedad y buena resistencia química.
- Están disponibles en latas para mezclado y aplicación manual, o en cartuchos para aplicación con pistola y tubo mezclador.

Poliuretano

Los poliuretanos son polímeros sintéticos basados en la química del isocianato, que surgen de la reacción de un polioliol con un isocianato. Pueden ser en forma de adhesivos monocomponentes o bicomponentes.

✓ Poliuretanos monocomponentes (1K)

Los poliuretanos monocomponentes reaccionan con la humedad ambiental para generar una goma elastómera. La reacción de polimerización tiene lugar desde el exterior del cordón hacia el interior, y esta circunstancia limita el grosor del cordón y tiene influencia en los tiempos de curado.

Sus principales características son:

- Bajo contenido de disolventes.

- Secado por absorción de humedad.
- El proceso de secado es lento y de fuera hacia dentro.
- Alta elasticidad.
- Sensibilidad a los rayos ultravioleta, que los atacan y descomponen.
- Sus propiedades, desde el punto de vista estructural, son inferiores a las de los poliuretanos bicomponentes y resinas epoxi.
- Disponible en tubos o bolsas para su aplicación por extrusión.
- Aplicado en unión de ventanas, unión de paneles de puertas y sellado de uniones.

✓ **Poliuretanos bicomponentes (2K)**

Los poliuretanos bicomponentes polimerizan por la reacción de los isocianatos con los correspondientes polioles o aminas.

Sus principales características son:

- No necesitan humedad ambiental para polimerizarse. El curado se produce por la reacción química de sus componentes.
- El proceso de secado es relativamente rápido.
- Más rígido que los poliuretanos monocomponentes.
- Sensibilidad a los rayos ultravioleta, que los atacan y descomponen.
- Normalmente disponible en cartuchos para aplicación por extrusión.
- Aplicado para el ensamblaje de ventanas y partes de carrocería, tanto en acero como en aluminio.

2.2.2 Aplicaciones de uniones adhesivas

La adhesión adhesiva se utiliza en la carrocería del automóvil en multitud de aplicaciones, ya sea exclusivamente o en combinación con una unión mecánica complementaria (dobladillado, remachado, soldadura de puntos por resistencia).

- Entre las principales aplicaciones de los adhesivos en carrocerías se encuentran las siguientes:

- Fijación de uniones dobladas de los elementos embellecedores:
- Uniones de estanqueidad para caucho.
- Aislamiento acústico de los paneles.
- Molduras de puertas.
- Recortes en techos, etc.

Unión de elementos metálicos entre sí, con una unión mecánica complementaria cuando sea necesario; por ejemplo, unión de paneles de puertas y capós a sus estructuras, unión de alas, etc.

Unión de materiales plásticos entre sí en carrocerías de vehículos que tienen paneles contruidos con este tipo de material.

Además, y, sobre todo, los adhesivos tienen una presencia cada vez más amplia en la fabricación de carrocerías de vehículos, en aplicaciones como:

Uniones vidrio-metal. El caso más representativo es la unión de los parabrisas, una técnica que aumenta la rigidez de la carrocería del vehículo a la vez que mejora el sellado y la retención del propio parabrisas en caso de colisión. El uso de adhesivos para este tipo de uniones ayuda a aumentar la rigidez a la torsión de la carrocería del vehículo en un 10%.

Muchos de los paneles de cierre de la carrocería del vehículo están formados por un panel exterior unido a una estructura interior a lo largo de toda su periferia, mediante un engaste mecánico. Hoy en día se utilizan adhesivos en estas pestañas, lo que supone una mejora en la resistencia, en la rigidez y en la protección anticorrosiva.

Uniones plástico-metal. Los adhesivos permiten la unión de dos materiales diferentes, como el plástico y el metal. Esta solución se adopta a menudo en carrocerías de vehículos que combinan paneles externos fabricados en materiales poliméricos sobre estructuras de acero.

Asimismo, tienen un campo de aplicación muy importante en la fabricación de aislamientos y en carrocerías de vehículos industriales, como autobuses, caravanas, etc.

En los talleres dedicados a la reparación de carrocerías de vehículos, cada vez más operaciones diversas recurren al uso de adhesivos. Ejemplos de ello son la sustitución del vidrio encolado, la sustitución total o parcial de elementos externos de metal o materiales compuestos (resinas con fibra de vidrio y fibra de carbono), la sustitución de elementos estructurales y el taller de reparación de materiales plásticos.



Figura 75 – Adhesivos bicomponentes. Fuente: CESVIMAP

Las figuras 77-79 muestran dónde se utilizan los adhesivos en la carrocería de un automóvil. No sólo son puramente ilustrativas, sino que también se refieren a la aplicación original del fabricante. Durante los procedimientos de reparación, otras áreas pueden estar sujetas a adhesivos.

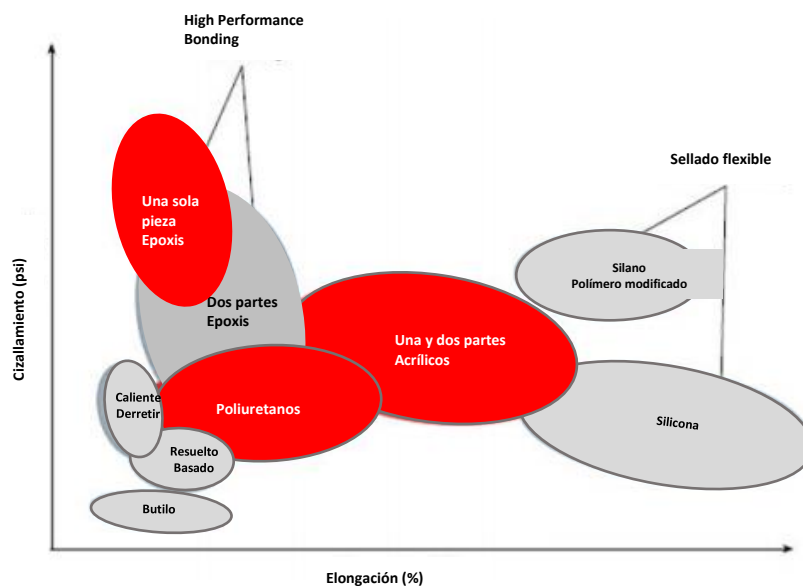


Figura 76 - Tabla de resistencia al cizallamiento del adhesivo frente a la elongación. Fuente: <https://www.european-aluminium.eu/resource-hub/aluminium-automotive-manual/>

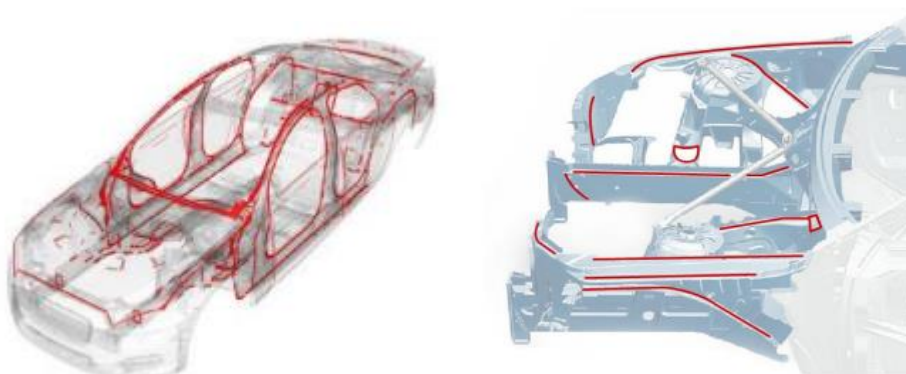


Figura 77 – Unión adhesiva del Jaguar XJ y unión adhesiva del BMW serie 5. Fuente: <https://www.european-aluminium.eu/resource-hub/aluminium-automotive-manual/>

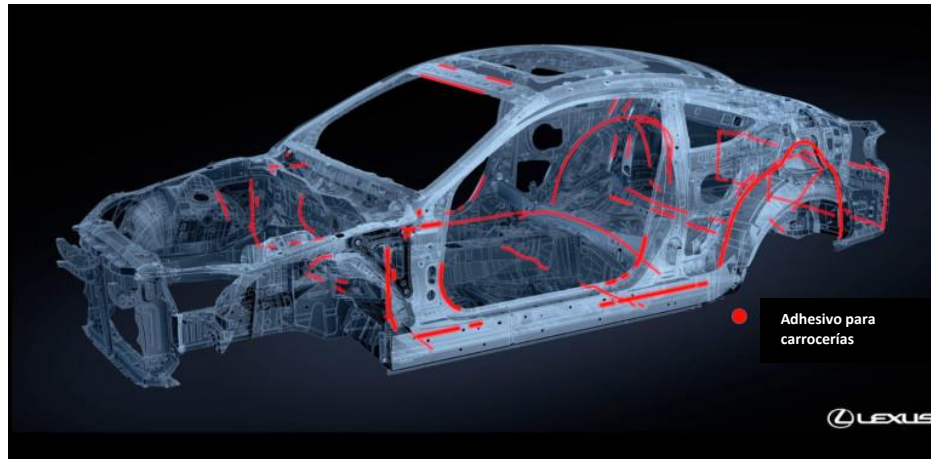


Figura 78 – Unión adhesiva del Lexus RC – adhesivo corporal en rojo. Fuente: <https://blog.lexus.co.uk/>

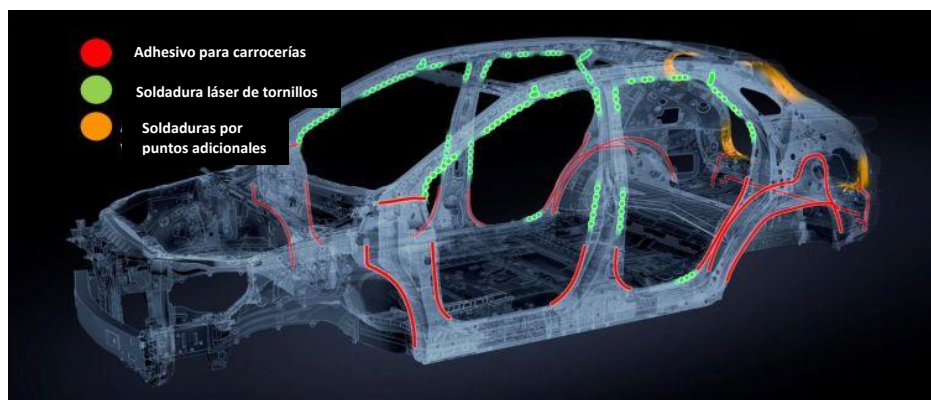


Figura 79 – Unión adhesiva del Lexus RX. Fuente: <https://blog.lexus.co.uk/>

2.2.3 Características de los adhesivos

En términos generales, un adhesivo es un producto que está disponible como semifluido o pasta, no es metálico, con capacidad para adherir materiales si sus superficies entran en contacto. Tras el proceso de adhesión, el adhesivo alcanza un estado sólido final capaz de establecer fuerzas de atracción para resistir las tensiones que tienden a producir su separación.

Es interesante observar que las diferentes técnicas y procesos de unión no suelen competir entre sí, sino que más bien deben considerarse complementarios.

Ventajas de la adhesión con adhesivos

149

Las uniones con adhesivos tienen una serie de ventajas sobre otros sistemas de unión, lo que hace que su uso en una amplia gama de aplicaciones sea particularmente atractivo. A continuación, se enumeran las principales ventajas y desventajas de las uniones adhesivas, que deben servir de ayuda a la hora de elegir el método de unión más adecuado.

En diseño:

- La principal ventaja del empleo de adhesivos, frente a otras técnicas de unión como la soldadura, el remachado o las uniones mecánicas es una distribución uniforme de tensiones, sin la presencia de puntos de concentración que pudieran provocar un fallo prematuro del material por fatiga.

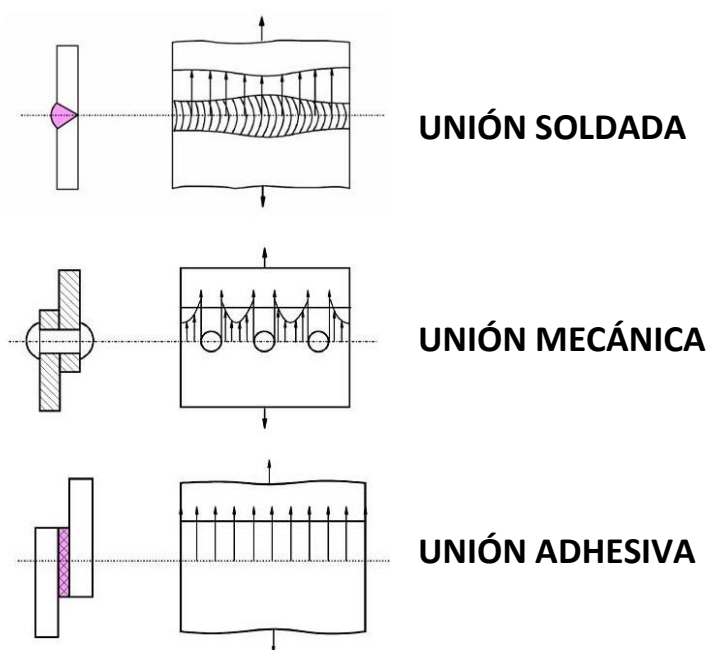


Figura 80 – Distribución de esfuerzos. Fuente: CESVIMAP

- Los adhesivos pueden unir entre sí materiales de distinta naturaleza. En la unión de metales con diferentes propiedades electroquímicas hace las veces de aislante, evitando problemas de corrosión.
- Da lugar a uniones con una relación idónea de rigidez/resistencia.
- Buen comportamiento frente a la fatiga.

- Proporciona unas uniones más suaves, sin marcas ni desniveles.
- Da lugar a estructuras más ligeras y con un potencial ahorro de peso.
- Hace posible la unión de materiales muy delgados.

En producción:

- Se pueden combinar en una misma operación la unión con el sellado.
- Elimina los problemas ocasionados por el calor en los procesos de soldadura (corrosión, cambios estructurales del material, deformaciones, etc.).
- Da lugar a uniones muy limpias, evitándose posteriores operaciones de acabado o de "revestido" de la unión.
- La aplicación de adhesivos se puede automatizar, optimizándose los tiempos de operación.

En servicio:

- Se reduce la corrosión de la unión.
- Se mejora el comportamiento a fatiga.
- La rigidez estructural de la carrocería, la absorción de energía en caso de choque y las propiedades de dureza de la vibración del ruido mejoran.

Limitaciones de la union con adhesivos

Dentro de las principales limitaciones que supone el empleo de adhesivos, son las siguientes:

- Resistencia limitada a la temperatura, decreciendo la resistencia a medida que se incrementa la temperatura. Como resultado, no se pueden emplear adhesivos en uniones sometidas a altas temperaturas. Sin embargo, los adhesivos estructurales para carrocerías de automóviles suelen tener propiedades garantizadas en el rango de -30°C a +85°C, lo que representa los extremos esperados del entorno de conducción del automóvil.
- El proceso de adhesión es dependiente del tiempo, ya que es necesario respetar un período mínimo de curado. La unión se ha de inmovilizar fijada en su lugar por medio de una mordaza o soldadura por puntos o fijador adicional hasta que el adhesivo se haya curado o presente una mínima resistencia para su manipulación.

- Los adhesivos poliméricos no son tan resistentes como el metal. Para compensar esta falta de resistencia, se recurre a incrementar el área de la superficie de contacto.
- Los parámetros y condiciones necesarios para lograr una buena adhesión de la unión, como presión, temperatura y períodos de curado deben ser precisos, ya que la tolerancia del proceso puede ser pequeña.
- Los adhesivos tienen una resistencia al cizallamiento muy alta, pero son débiles cuando se cargan en el modo de pelado o clivaje, de modo que se eviten dichos esfuerzos. Por esta razón, las juntas han de ser diseñadas de forma específica para su empleo con adhesivos, no debiéndose adaptar otras juntas **pensadas para** otros sistemas de unión.
- Los adhesivos presentan una estabilidad y almacenamiento limitados, debiéndose respetar la fecha de caducidad y los requisitos del entorno de almacenamiento.
- Las propiedades de las uniones adhesivas pueden cambiar con el tiempo con el envejecimiento del adhesivo y la exposición al medio ambiente. Estos efectos deben tenerse en cuenta a la hora de diseñar un proceso.

2.2.4 Comparación con otros métodos de unión

Las técnicas de unión se aplican para conseguir una serie de requisitos, entre las que cabe citar los siguientes factores importantes:

- Naturaleza de los materiales que se van a unir, precisando, en cada caso, técnicas de unión adecuadas a las características del material.
- Necesidades estructurales, los diferentes procesos de unión muestran diferentes comportamientos bajo diferentes modos de carga.
- Accesibilidad en la zona a unir, los diferentes procesos de unión tienen requerimientos geométricos y especiales específicos y en espacios reducidos no se pueden aplicar todos los procesos. Del mismo modo, algunos procesos sólo requieren acceso por una cara, mientras que otros requieren acceso por ambas caras.
- Reparación, o la frecuencia con la que se deben reemplazar los diferentes elementos de unión.
- Grado de libertad del diseño de las piezas.

Normalmente, en la fabricación de automóviles se habla de ensamblaje cuando se hace referencia a piezas que presentan un sistema de unión fijo, generalmente soldadura, y de montaje cuando se hace alusión a piezas que presentan un sistema de unión que permite su desmontaje y montaje de forma sencilla.

Todos los tipos de unión presentes en una carrocería pueden clasificarse en tres grupos importantes:

- **Uniones desmontables:** permiten desmontar las piezas que unen tantas veces como sea necesario.
- **Uniones articuladas:** dejan cierta libertad de movimiento entre los elementos acoplados.
- **Uniones fijas:** no permiten la separación de los elementos unidos una vez ejecutada la unión. Para retirarlos sería preciso destruir el sistema de unión, causando daños a las piezas unidas.

PRINCIPALES SISTEMAS DE UNIÓN EMPLEADOS EN LA FABRICACIÓN DE CARROCERÍAS	
UNIONES FIJAS	• Soldadura – Soldadura de puntos por resistencia – Soldadura MIG/MAG – MIG-Brazing – Soldadura láser - Remaches – Remaches ciegos – Remaches autoperforantes. • Adhesivos • Uniones plegadas o dobladas • Clinchado
UNIONES DESMONTABLES	• Uniones roscadas - Uniones atornilladas - Clips y fijaciones

Tabla 15 – Principales sistemas de unión utilizados en la fabricación de carrocerías de vehículos

La soldadura de puntos por resistencia se utiliza ampliamente en la fabricación de productos de chapa plana de gran volumen; un automóvil de acero es un buen ejemplo de ello. En el sector de la automoción, es el principal método de unión desde hace muchos años, hasta el punto de que una típica carrocería de acero lleva entre cuatro y seis mil soldaduras por puntos de resistencia.

La principal explicación de esta situación radica en las ventajas que proporciona su uso, entre las que cabe destacar:

- Rapidez de ejecución, necesitándose menos de un segundo por soldadura, además de contar con la posibilidad de automatizar todo el proceso.
- Bajo nivel de deformaciones y cambios estructurales en el material, pues el calentamiento es pequeño y localizado.
- Gran resistencia final de la unión.
- No precisa de repaso ni operaciones finales de acabado.
- Facilidad de manejo y bajos costes de formación en operaciones manuales.
- Fácil desmontaje posterior.
- Mejores garantías anticorrosivas.

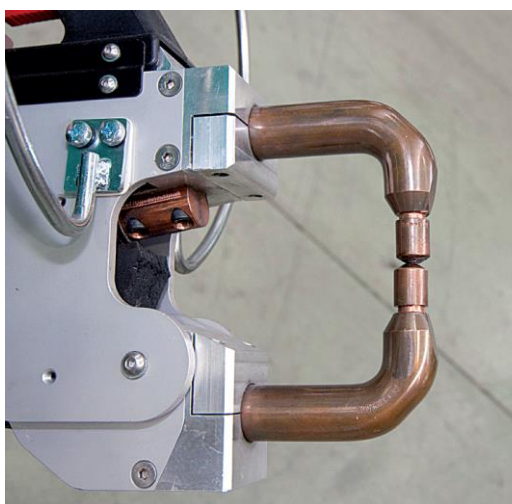


Figura 81 – Electrodo de soldadura por puntos. Fuente: CESVIMAP



Figura 82 - Ensayo de las características del punto, sometiéndolo a una fuerza de cizallamiento hasta su rotura. Fuente: CESVIMAP

Soldadura láser

LASER significa Amplificación de Luz por Emisión Estimulada de Radiación. En otras palabras, se trata de una luz (onda electromagnética) con características especiales.

El haz de luz de alta intensidad lleva una densidad de energía muy grande en un área pequeña, esta energía puede ser utilizada para fundir metal muy rápidamente y formar una soldadura.

Los láseres pueden utilizarse como un sistema de acoplamiento estrecho, en el que un robot manipula un cabezal de soldadura, o como un sistema remoto en el que un escáner traduce el haz a una velocidad extremadamente alta dentro de un área definida. El proceso de soldadura láser se utiliza comúnmente en componentes de acero sin un alambre de relleno añadido; este proceso se denomina soldadura láser autógena. Un alambre de relleno se puede utilizar de la misma manera que el proceso MIG/MAG tanto para acero como para aluminio. Otra aplicación láser muy común es la soldadura fuerte por láser, en la que se utiliza un alambre de relleno de aleación de cobre para hacer juntas de acabado cosmético muy lisas que se pueden encontrar en la superficie exterior de un vehículo.



Figura 83 – Soldadura láser bajo techo. Fuente: CESVIMAP

Remachado

El remachado es una de las técnicas de unión más antiguas y, a la vez, más testeadas que existen. En general, consiste en mantener unidos dos o más elementos por medio de vástagos metálicos, que se introducen por unos orificios previamente realizados a través de los elementos a unir. En un coche moderno, el proceso principal de remachado se denomina remachado autoperforante, que se utiliza para perforar un remache en dos o más láminas de metal y ensanchar el remache en un troquel para fijar la junta en su sitio. También se utilizan en la fabricación de automóviles los remaches ciegos (o remaches rápidos), que se introducen en orificios previamente realizados en las láminas a unir. La formación de dos cabezas en sus extremos mantiene sólidamente unidos los elementos.

El empleo de remaches es un método de unión muy versátil, que se caracteriza porque:

- Se puede utilizar sobre diferentes materiales; en este sector se aplica sobre acero, aluminio y plásticos.
- Puede usarse para diferentes propósitos; no sólo como elemento de unión.
- Está disponible en una gran variedad de geometrías, tamaños y acabados.
- El coste de producción es significativamente más caro que la soldadura de puntos por resistencia.



Figura 84 – Remaches ciegos. Fuente: CESVIMAP



Figura 85 – Remaches autoperforantes. Fuente: CESVIMAP

Uniones plegadas o dobladas

Las uniones plegadas están hechas de dos piezas de chapa metálica doblando los bordes una o más veces una sobre la otra. Estas juntas se realizan, generalmente, en piezas delgadas de acero o aluminio metálico, con espesores entre 0,5 y 0,9 mm.

Es el sistema de unión típico de los paneles de puerta, los cuales van encajados en todo su contorno, combinándose con un adhesivo semiestructural para reforzar la unión.

Se trata, por lo tanto, de una técnica de conformación por deformación plástica en frío. La calidad de los resultados y el radio mínimo de doblado va a depender de factores como el tipo y las propiedades del material a doblar, espesor de la chapa y utillaje y parámetros del proceso de conformación.

En este tipo de uniones se debe garantizar la estanqueidad de la junta mediante selladores de poliuretano o epoxy adecuados.

En fabricación, las operaciones de brida de dobladillo se realizan ya sea en una simple operación de prensado, o en piezas más complejas mediante una serie de rodillos robóticos; en reparación de vehículos, el chapista lo realizará manualmente con la acción combinada de la plataforma móvil y el martillo.

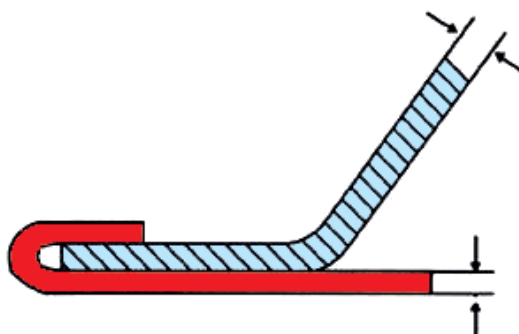


Figura 86 – Unión plegada. Fuente: CESVIMAP

Clinchado

El clinchado es una técnica de unión directa de materiales, generalmente chapas, mediante un proceso de conformación local, que no requiere ningún elemento de unión extra.

Un punzón incide sobre las dos chapas a que se van a unir, empujándolas hacia el interior del cuerpo de la matriz. Los materiales se deforman y ensanchan para crear una unión entrelazada. Esto resulta en la creación de una especie de «botón», produciendo un cierre entre ambas chapas.

Esta técnica puede emplearse con chapas de aluminio, acero o en uniones multimaterial; es decir, una combinación de aluminio y acero.



Adhesivos híbridos

Se trata de una tecnología que reúne los principales atributos de los adhesivos estructurales y de los instantáneos, creados con una tecnología híbrida, esto permite realizar reparaciones rápidas y duraderas, así como unir diferentes sustratos en todo tipo de condiciones. Además, estos adhesivos ofrecen grandes soluciones a diferentes desafíos y ofrecen un mayor rendimiento y versatilidad, asegurando un funcionamiento óptimo y seguro para los usuarios. Entre las características más importantes se pueden destacar, que tiene excelente resistencia en condiciones extremas de temperatura y humedad, alta tenacidad, gran capacidad de relleno, con tiempos de fijación muy cortos, además de ser inodoros y no inflamables reduciendo los riesgos en su manipulación.



Figura 89 – Adhesivo híbrido. Fuente: CESVIMAP

Acrilato

Se trata de un tipo especial de adhesivos acrílicos, cuyo curado se realiza mediante la reacción con la humedad contenida en los sustratos, manteniendo la unión bajo presión.

Entre sus principales características hay que destacar:

- Capacidad de endurecerse a temperatura ambiente, sin necesidad de catalizadores.
- Alta velocidad de ejecución de la unión, presentando tiempos de manipulación muy cortos.
- Amplia versatilidad, con una gran gama de sustratos.
- Precisan sólo una pequeña cantidad de adhesivo.
- Tienen baja capacidad para rellenar huecos sueltos.
- Las uniones presentan baja resistencia al impacto y a la temperatura.

Este tipo de adhesivos suelen ser apropiados para el pegado de plásticos y gomas.

2.2.5 Aplicación técnica de los adhesivos en la reparación de carrocerías de automóviles

El objeto de los ensayos mecánicos es determinar las características mecánicas, la resistencia, la deformación por elasticidad, la deformación y el comportamiento y la fiabilidad a lo largo del tiempo.

En 1979, Schliekelmann realizó una prueba de comparación de la resistencia a la fatiga de diferentes métodos de unión de los mismos tamaños. Los resultados muestran que una junta remachada tolera 211.000 ciclos de vida a la fatiga, una junta remachada y adherida con adhesivo elástico 420.000 ciclos, y una junta remachada y adherida con epoxi bicomponente 1.500.000 ciclos.

Por estas razones, los fabricantes someten los adhesivos a métodos de prueba y modelos de predicción de durabilidad.

2.2.6 Aplicación técnica de los adhesivos en la reparación de carrocerías de automóviles

160

Según la norma UNE-EN 923 la **adhesión** es el estado en que dos superficies se mantienen unidas mediante uniones interfaciales y **cohesión** es el estado en el que partículas de una sustancia simple se juntan mediante fuerzas intermoleculares. Para asegurar una buena unión es imprescindible que exista un contacto íntimo entre el sustrato y el adhesivo.

Uno de los requisitos necesarios, pero no suficiente, para que se produzca el fenómeno de adhesión entre dos materiales es que un material moje al otro y esto depende de la energía superficial del sustrato y de la tensión superficial del líquido. Si la humectabilidad de una superficie con respecto al adhesivo es buena, entonces el adhesivo se esparce naturalmente, en el caso de una humectabilidad pobre, el adhesivo no se esparcirá y se levantará de la superficie con un ángulo de borde alto.



Figura 90 - Sustrato contaminado (mala humectación), Sustrato limpio (buena humectación). Fuente: CESVIMAP

La viscosidad de un fluido caracteriza su capacidad de fluir, depende de su cohesión, es decir de la resistencia que presentan sus moléculas a la separación y de su velocidad de movimiento.

Diseño de la unión

Desde un punto de vista mecánico y de resistencia, el empleo de adhesivos supone una serie de ventajas con relación a las uniones térmicas (soldadura) y mecánicas (remaches, tornillos...), las juntas adhesivas proporcionan una distribución uniforme de

las tensiones, en lugar de picos locales de alta tensión como los que se encuentran en las soldaduras por puntos y los remaches.

El comportamiento de los adhesivos depende del tipo de carga a la que están sometidos. En general, las juntas adhesivas son muy resistentes a la tensión de cizallamiento, compresión y tracción; sin embargo, su fuerza en pelado y clivaje puede ser mucho menor.

Con respecto a la carga de la cáscara, la tensión se concentra en un área pequeña en el borde de la unión, y se produce una sobrecarga mecánica local, la grieta resultante se propaga fácilmente a través de la línea de la junta. Una unión es particularmente susceptible a fallar en el modo de pelado/clivaje cuando uno o más de los sustratos unidos son flexibles

En la carga de clivaje, la tensión actúa en uno de los lados de la unión, y el resto de la unión permanece sin apenas tensión. Generalmente, las articulaciones con sustratos rígidos son más propensas a sufrir fallas en el escote. Desde este punto de vista, las juntas producidas con adhesivos deben diseñarse de forma que se carguen principalmente en cizallamiento y compresión, y el diseño de las juntas debe evitar la carga de pelado y clivaje. En menor medida, también deben evitarse las fuerzas de tracción, ya que si las cargas no actúan de forma perfectamente axial, provocarán tensiones de desgarro.

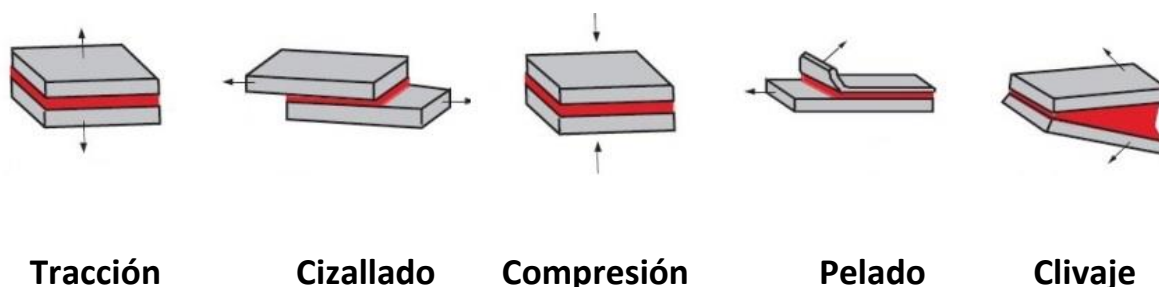


Figura 91 – Comportamiento de los adhesivos. Fuente: CESVIMAP

Las premisas básicas en el diseño de una unión con un adhesivo son:

- Resistencia de la unión, que viene dada por:
 - ✓ Área de adhesión.
 - ✓ Resistencia del adhesivo.
 - ✓ Resistencia del sustrato.
 - ✓ Distribución de tensiones.
- El área de la unión tiene que ser lo suficientemente grande para soportar la carga a la que se encuentre sometida la unión en su puesta en servicio.
- El espesor de la capa de adhesivo ha de ser el apropiado. La resistencia de la unión decrece, en muchos casos, con más espesor del adhesivo. Sin embargo, en el caso de adhesivos flexibles o de relleno de huecos, pueden ser necesarios grandes espesores.
- El diseño de la junta debe ser tal que sólo se someta a cargas de cizallamiento y/o compresión.

En la carrocería de un vehículo, la mayoría de los componentes están hechos de láminas de metal delgadas, los tipos de unión más utilizados son las uniones apiladas planas, con áreas de bridas superpuestas. Por su diseño, se aprovecha la facilidad que la chapa (sobre todo las chapas de acero dulce) ofrece para el plegado y curvado, y se puede obtener una gama de configuraciones para evitar la aparición de fuerzas de pelado y desgarro en la unión.

Preparación superficial de los sustratos

La adhesión es un fenómeno superficial, es decir, de contacto íntimo entre adhesivo y sustrato. Cualquier agente extraño causará interferencias e impedirá dicho contacto. Por esta razón, una preparación inadecuada de la superficie dará lugar a fallos de adherencia, que suelen traducirse en resultados no aceptables.

De forma general, los objetivos que se persiguen con la preparación superficial, como paso previo al proceso de adhesión, son:

- Eliminar la formación de una "capa débil" en el sustrato.

- Maximizar el contacto íntimo entre adhesivo y sustrato.
- Crear una topografía específica de la superficie, que aumente el contacto y sirva de anclaje mecánico del adhesivo.
- Proteger la superficie del sustrato antes de que se realice la operación de adhesión.

El primer paso de la preparación de superficies será eliminar de la zona a unir las pinturas o barnices que puedan llevar aplicadas. Se deben eliminar los restos de aceite, grasa o cualquier otra suciedad con un desengrasante adecuado al adhesivo que se va a usar.

La acetona, el tricloretileno y el percloroetileno pueden considerarse adecuados y no deberá emplearse alcohol, gasolina o disolventes de barnices.

TRATAMIENTOS SUPERFICIALES
LIMPIEZA Y DESENGRASADO • Lavado • Inmersión
TRATAMIENTOS MECÁNICOS • Lijado • Cepillado • Limpieza por chorro de arena
TRATAMIENTOS FÍSICOS • Flameado • Plasma
TRATAMIENTOS QUÍMICOS • Aplicación de promotores de adherencia e imprimaciones

Tabla 16 – Tratamientos superficiales

No obstante, los fabricantes de adhesivos suelen disponer de una gama de productos de limpieza para las distintas superficies compatibles con sus adhesivos, siendo recomendable su empleo, pues además de limpiar activarán las superficies la adhesión.

Determinados materiales, antes de ser limpiados con disolvente, requieren una activación superficial con medios mecánicos (lijado, estropajo de níquel, granallado, etc.).

La limpieza se realiza con un papel de celulosa impregnado en el limpiador, frotando la zona siempre en la misma dirección y cambiando frecuentemente el papel. Si se frota en círculos, lo único que se conseguiría es una redistribución de la suciedad.

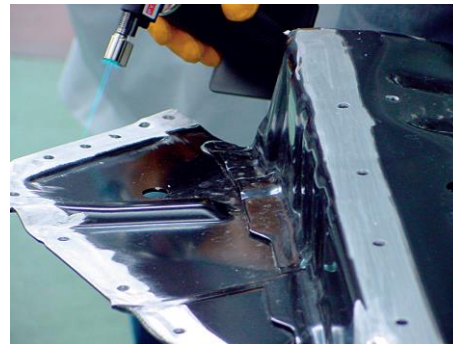
No se recomienda el uso de trapos de limpieza, ya que es probable que se reutilicen y, por lo tanto, existe el riesgo de utilizar trapos sucios, lo que no conduce a una limpieza eficaz.

La mayoría de los fabricantes recomiendan imprimaciones específicas para cada tipo de material a unir. Las imprimaciones tienen tres funciones básicas:

- Funcionan como una barrera de inhibición química, que evita que las superficies tratadas pierdan las condiciones que se han conseguido; por ejemplo, impiden la oxidación de la superficie en el caso de los metales.
- Ayudarán al adhesivo a trabajar no sólo a través de la adhesión superficial, sino también a crear una interfaz química entre el sustrato y el adhesivo, lo que mejora la adhesión.
- Actúan como protectores en el caso de pegar materiales transparentes para evitar la radiación ultravioleta de la luz solar, haciendo que ciertos adhesivos se deterioren.

La aplicación de imprimaciones se realizará con un pincel o un bastoncillo, y no se deben reutilizar para diferentes tipos de aplicaciones de imprimación.

Los tiempos de secado recomendados por los fabricantes deben ser siempre respetados, tanto para los productos de limpieza como para las imprimaciones.



Figuras 92 y 93 - Equipo específico para el flameado. Fuente: CESVIMAP

Hay casos en los que el fabricante puede recomendar flamear la zona para aumentar la adherencia final del producto, como puede ser el caso del aluminio y el plástico derivado de las poliolefinas (>PP<, >PE< y sus aleaciones). Existen en el mercado kits específicos para este tipo de tratamiento, compuestos por un pequeño soplete de gas.

Cuando se trabaja con llama directa, se debe eliminar de antemano cualquier riesgo de combustión.

Elección y preparación del adhesivo

En el mercado existen multitud de adhesivos y formulaciones, con propiedades y características diferentes, sin que haya un adhesivo universal para cualquier tipo de aplicación.

Para la correcta elección de un adhesivo se deben considerar factores como:

- Tipos de sustratos a unir, puesto que la adherencia de los adhesivos depende del sustrato.
- Acabado superficial de las partes que se van a unir.
- Tipos de productos, disolventes, aceites u otros contaminantes que puedan estar en contacto con la unión.
- Temperaturas máximas y mínimas que soportará la unión, y si éstas serán constantes o intermitentes. Este factor hay que tenerlo muy presente en uniones de materiales con coeficientes térmicos distintos como, por ejemplo, metal-plástico, debiéndose aplicar un adhesivo suficientemente elástico para permitir una buena distribución de las tensiones que originarán esas temperaturas.

- La rigidez de la unión y de los elementos que se van a unir condicionará en parte la rigidez del adhesivo empleado. La elasticidad del adhesivo se amoldará a la elasticidad del sustrato, no debiéndose emplear adhesivos rígidos para unir elementos flexibles.
- Magnitud y tipo de sollicitación que haya de soportar, etc.
- Requisitos especiales, como aislamiento térmico o eléctrico, prevención de la corrosión, etc.
- Si la unión se va a soldar por puntos a través del adhesivo.

En todo caso, para realizar una buena elección habrá que seguir las especificaciones marcadas por el fabricante del adhesivo.

En el caso de utilizar adhesivos monocomponentes, vienen listos al uso, sin requerir preparación previa. Pueden aplicarse directamente o con una pistola de extrusión, manual o neumática.

Ahora bien, si se trata de adhesivos bicomponentes, han de mezclarse de manera uniforme y en las proporciones indicadas por el fabricante, como paso previo a su aplicación. Esta mezcla puede realizarse de dos formas: automática o manualmente.

Mezcla automática

La mayoría de los adhesivos bicomponentes se presentan envasados en cartuchos dobles de diferente capacidad y la proporción de mezcla dada en el propio diseño del cartucho. Los diámetros de cada cámara guardan la misma relación que la proporción de mezcla en volumen de cada compuesto (1:1, 2:1, 4:1...).



Figura 94 – Proporción de productos. Fuente: CESVIMAP

Para su aplicación, se utiliza una pistola de extrusión específica y una cánula o boquilla mezcladora. Esta boquilla lleva en su interior una espiral que, al ser recorrida por los productos durante la aplicación, realizará su mezcla. No obstante, es aconsejable desechar la parte inicial del producto que se libera para asegurar una mezcla homogénea.

Mezcla manual

La mezcla manual puede efectuarse directamente con una espátula, bien en un recipiente, dependiendo de la viscosidad de los productos. En ambos casos, tanto espátulas como recipientes deben estar bien limpios, evitando el contacto de la espátula de mezclado con el resto de los adhesivos sin catalizar. Se respetará la dosificación correcta de los productos, así como su mezcla homogénea.

En ambos casos, hay que tener en cuenta que, una vez realizada la mezcla, el tiempo de aplicación es limitado, pues la reacción de endurecimiento comienza inmediatamente.

Aplicación del adhesivo

El adhesivo debe estar en contacto íntimo con las superficies a unir. Se aplica a temperatura ambiente, pues temperaturas altas disminuyen el tiempo de utilización y bajas debilitan la resistencia del adhesivo.

Los principales aspectos a tener en cuenta en la aplicación de un adhesivo son el espesor del adhesivo y la forma y dimensiones del cordón.

Independientemente del sistema de aplicación, una cuestión a tener muy presente es el espesor de la capa de adhesivo. La resistencia de una junta puede deteriorarse si la línea de unión es demasiado gruesa.

Las uniones estructurales de mayor resistencia se obtienen con una línea de unión más delgada. Sin embargo, para algunas aplicaciones de relleno de adhesivos flexibles (no estructurales) se desean líneas de unión más gruesas.

- Cuanto mayor sea la cantidad de adhesivo, mayor será la probabilidad de aparición de burbujas de aire o de cuerpos extraños que debiliten la unión.
- El esfuerzo necesario para deformar una película delgada es superior al de una de mayor espesor.
- Las tensiones internas que se originan en el proceso de la unión están relacionadas con el espesor de la película aplicada.
- La posibilidad de que el adhesivo fluya o cristalice es mayor conforme aumenta el espesor.

Por lo tanto, es conveniente conseguir espesores delgados, pero previendo que la cantidad de adhesivo sea tal que permita cubrir completamente las ondulaciones e irregularidades superficiales del sustrato.

De modo informativo, los espesores máximos en la línea de aplicación, en función de la familia de adhesivos son:

- Cianoacrilatos: hasta 0.25 mm.
- Epoxy: hasta 3.0 mm.
- Poliuretanos: hasta 8 mm.

Estos espesores son orientativos y dependerán de la formulación específica de cada adhesivo, por lo cual, para conocer el dato exacto, deberá consultarse la ficha técnica del adhesivo.

En determinados tipos de aplicaciones, el espesor final del adhesivo está marcado por el empleo de pequeños tacos separadores que, interpuestos en la junta, evitarán un acercamiento excesivo de los sustratos.

Del mismo modo, algunos adhesivos contienen perlas de vidrio que actúan para separar los materiales del sustrato y generar un espesor de línea de unión específico. Los adhesivos con perlas de vidrio son adecuados para su uso con remaches ciegos, pero no para la soldadura por puntos por resistencia.

Dependiendo del tipo de unión a realizar, así será la forma del cordón que apliquemos. En el caso del pegado de lunas con adhesivos de poliuretano, será un cordón de perfil triangular, dotando a la boquilla de salida de la geometría correspondiente.

Cuando se trate del pegado de paneles de la carrocería, se aplica un cordón en forma de media caña, y de un diámetro de unos 6 mm.

Dependiendo de cómo se suministre el adhesivo y de cuál sea el objetivo, se podrá aplicar por extrusión, con brocha o con espátula.

- **Aplicación por extrusión:** Cuando el adhesivo viene envasado en cartuchos o bolsas, se aplicará por extrusión, usando la pistola y boquilla más adecuada.
- **Las pistolas manuales** son mejores para aplicaciones intermitentes o únicas; las pistolas neumáticas permiten una aplicación continua y un flujo constante.
- **Aplicación a brocha:** La brocha permite esparcir adhesivos líquidos o muy poco viscosos en una superficie amplia con un espesor delgado. Es muy importante limpiar las brochas después de cada aplicación. Para ello, es preferible el empleo de brochas de pelo duro, como las de nylon.
- **Aplicación con espátula:** La espátula está más indicada en el caso de adhesivos densos o pastosos y para la consecución de mayores espesores.

- En muchos casos, el uso de un pincel o una espátula es complementario a la aplicación por extrusión, sirviendo para extender el adhesivo sobre toda la zona del metal desnudo.

Una vez aplicado el adhesivo y colocada correctamente la pieza, se debe asegurar un contacto íntimo a lo largo de toda la junta. Para ello, se ejercerá presión, repartida uniformemente por toda la superficie, con especial cuidado en el caso de la adhesión del vidrio.

Existen diferentes métodos de aplicación de presión, según la accesibilidad de la zona:

- **Mordazas autoblocantes:** Se emplearán en aquellos casos en los que sea posible su fijación, como pestañas, bordes de piezas, etc. Se colocan varias en función de la longitud de la junta, mediando entre ellas una distancia aproximada de 10 centímetros.
- En aquellos casos en los que no sea posible el empleo de mordazas, como en las líneas de corte de las secciones de ahorro, se recurrirá a otros métodos.
- **Fijadores:** consiste en soldar arandelas a la parte de la carrocería más próxima a la junta y en roscar los elementos de fijación a través de ellos, con una geometría inclinada de forma que, al insertarlos, el pie se apoye en la articulación, ejerciendo la presión necesaria.
- **Arandelas:** cortadas por la mitad y soldadas en forma de puente a lo largo de la unión.
- Dispositivos especiales: fijados con ventosas adhesivas o electromagnéticas.

Cuando las piezas son de poliéster, suelen emplearse tornillos rosca-chapa fijados a las piezas y a la tira de abridamiento posterior. Cuando el adhesivo se ha secado, se extrae y se rellena el hueco con resina.

Curado del adhesivo

Por reticulación o curado del adhesivo se entiende el conjunto de procesos que tienen lugar desde que se produce la mezcla y aplicación del adhesivo hasta que se ha curado por completo.

La velocidad de curado dependerá de:

171

- La proporción de la mezcla, siendo más rápido el curado cuanto mayor sea la proporción del agente endurecedor.
- La velocidad de secado también dependerá de la temperatura ambiente; temperaturas superiores a 20° C acelerarán el curado del adhesivo. Algunos fabricantes considerarán la aplicación de calor de equipos infrarrojos o en la cabina de pintura para acortar los tiempos de secado. Sin embargo, en estos casos, se deben tener en cuenta las recomendaciones de los fabricantes, ya que un calentamiento incorrecto puede deteriorar el adhesivo y provocar una pérdida de resistencia en la unión.
- En el caso de los poliuretanos monocomponentes, el secado se realiza por absorción de humedad, lo que significa que el tiempo de secado será inversamente proporcional a la humedad relativa presente en el ambiente circundante.

Dentro del proceso de curado se pueden distinguir tres etapas:

- Tiempo de manipulación: el tiempo que transcurre entre la aplicación del adhesivo y el inicio de la formación de una piel, cuando se alcanza una viscosidad tal que no es posible realizar más maniobras. Este es el tiempo que tiene el técnico para realizar la unión: presentación y ajuste de la pieza.
- Tiempo de solidificación para la manipulación o vida útil de la mezcla: el tiempo que transcurre desde el inicio del curado hasta el momento en que el adhesivo ha adquirido la solidez suficiente para poder continuar con el proceso de trabajo.
- Tiempo de curado: el tiempo que transcurre entre el inicio del proceso de curado y el momento de su conclusión, cuando se alcanzan los valores máximos de resistencia mecánica.

En la práctica, estos tiempos son a menudo incompatibles ya que, por un lado, es aconsejable que el tiempo de solidez hasta el tiempo de manipulación o curado sea lo más corto posible para poder continuar con el trabajo en el vehículo. Sin embargo, por otro lado, el tiempo de manipulación debe ser, en cierta medida, amplio, para poder realizar un correcto posicionamiento y ajuste de la pieza, sobre todo cuando se trata de grandes paneles.

Durabilidad del adhesivo

172

La degradación y durabilidad de las uniones pegadas está condicionada a la temperatura, condiciones medioambientales y las cargas mecánicas que tienen que soportar.

Para conseguir la resistencia durante su vida en servicio de una unión pegada, está tiene que mantener una proporción significativa de su capacidad de carga durante largos periodos, soportar las condiciones medioambientales durante su vida en servicio y garantizar la durabilidad para una aplicación determinada.

Los factores que pueden afectar a la durabilidad de una unión en condiciones de servicio son:

- Cargas estáticas y dinámicas
- Agentes ambientales (temperatura, lluvia, humedad, ambiente salino...)
- Exposición UV
- Agua
- Disolventes orgánicos
- Detergentes
- Combustibles y lubricantes

Una de las causas más frecuentes de fracasos en las uniones adhesivas es el desconocimiento de los esfuerzos a que va a estar sometido el ensamblaje.

El comportamiento es muy diferente si se encuentra sometido a la combinación de diversos efectos combinados, como, cargas dinámicas más agua salada y cambios bruscos de temperatura, etc., de todos los agentes ambientales, el agua es la sustancia que más problemas en la durabilidad genera en las uniones adhesivas, y además es el medio más corriente al que se encuentra sometida la unión. Hidratando el metal se crea óxido en la superficie se produce el fallo de la unión. Esto altera las propiedades del adhesivo de forma irreversible mediante hidrólisis y generación de grietas o cráter

en esta zona, atacando la interfase adhesivo/sustrato por un proceso de desplazamiento del adhesivo e induciendo tensiones debido al hinchamiento del adhesivo.

La fluencia es la deformación permanente en función del tiempo que un material sufre cuando está sometido a una carga constante y tiene que ver con el tiempo, la temperatura y la humedad. Los efectos mecánicos de los adhesivos se ven afectados por la gran sensibilidad a las condiciones climáticas, sensibilidad a la fluencia en ciertas condiciones, las características del adhesivo (porosidad, fisuras, falta homogeneidad, curado deficiente) condiciones medioambientales (temperatura, humedad, etc.), geometría de la junta (distribución de tensiones) etc.

2.2.6 Datos del producto adhesivo y fichas de seguridad

Las fichas de datos y de seguridad del producto constituyen la información detallada sobre las diferentes propiedades del producto, las instrucciones de manipulación, las propiedades, etc. Es importante estar familiarizado con ellos cuando se trabaja con un adhesivo específico y se persigue la reducción de los riesgos laborales y ambientales.

Las fichas de datos de seguridad dan consejos sobre la seguridad, las precauciones y el riesgo del producto.

(Continue on the next page)

174

LOCTITE

Technical Data Sheet

LOCTITE® HY 4090™

July 2017

PRODUCT DESCRIPTION

LOCTITE® HY 4090™ provides the following product characteristics:

Technology	Cyanoacrylate/ Epoxy Hybrid
Chemical Type (Part A)	Cyanoacrylate
Chemical Type (Part B)	Epoxy
Appearance (Comp. A)	Transparent colorless to straw colored liquid ^{1MS}
Appearance (Comp. B)	Off-white to light yellow gel ^{1MS}
Appearance (Mixture)	Off-white to light yellow gel
Components	Two components - requires mixing
Mix Ratio, by volume - Part A: Part B	1 : 1
Viscosity	High
Cure	Room temperature cure after mixing
Application	Bonding

LOCTITE® HY 4090™ is a two component, general purpose adhesive which provides a very fast fixture at room temperature. It is designed to bond a variety of substrates including metals, most plastics and rubbers. LOCTITE® HY 4090™ provides good temperature and moisture resistance which also makes it suitable for applications in high temperature/humidity environments. The thixotropic nature makes it suitable for applications where good gap filling properties on rough and poorly fitting surfaces are required.

TYPICAL PROPERTIES OF UNCURED MATERIAL

Part A:

Specific Gravity, g/cm ³	1.01
Viscosity, Cone & Plate, mPa·s (cP)	
Temperature: 25 °C	4,000 to 7,000 ^{1MS}
Flash Point - See SDS	

Part B:

Specific Gravity, g/cm ³	1.06
Viscosity, Cone & Plate, mPa·s (cP)	
Temperature: 25 °C	25,000 to 40,000 ^{1MS}
Flash Point - See SDS	

TYPICAL CURING PERFORMANCE

Curing is initiated on mixing the Part A and Part B components. Handling strength is achieved rapidly; full strength is achieved over time.

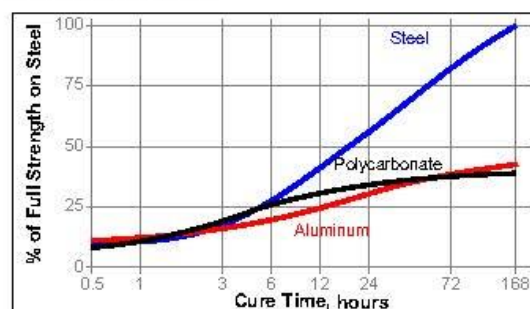
Fixture Time

Fixture time is defined as the time to develop a shear strength of 0.1 N/mm².

Fixture Time @ 25°C, seconds <180^{1MS}

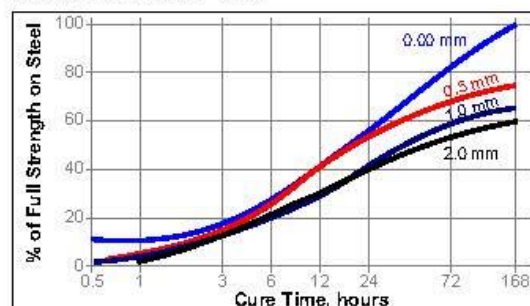
Cure Speed vs. Substrate

The rate of cure will depend on the substrate used. The graph below shows the shear strength developed with time on steel lap shears compared to different materials and tested according to ISO 4587.



Cure Speed vs. Bond Gap

The rate of cure will depend on the bondline gap. The following graph shows the shear strength developed with time on grit blasted mild steel lap shears at different controlled gaps and tested according to ISO 4587.



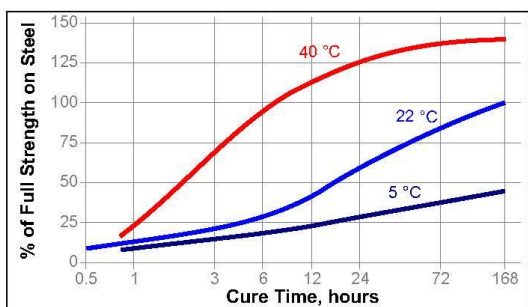
Cure Speed vs. Temperature

The rate of cure will depend on the ambient temperature. The graph below shows the shear strength developed with time at different temperatures on grit blasted mild steel lap shears and tested according to ISO 4587.



Figura 95 – Hoja de datos técnicos. Fuente: LOCTITE

TDS LOCTITE® HY 4090™, July 2017



TYPICAL PROPERTIES OF CURED MATERIAL

Cured for 1 week @ 22 °C

Physical Properties:

Glass Transition Temperature, ISO 11359-2, °C	88
Coefficient of Thermal Expansion, ISO 11359-2 K ⁻¹ :	
Below Tg (88°C)	71×10 ⁻⁶
Above Tg (88°C)	175×10 ⁻⁶
Shore Hardness, ISO 868, Durometer D	65 to 69
Tensile Strength, at break, ISO 527-3	N/mm ² 7.1 (psi) (1,025)
Tensile Modulus, ISO 527-3	N/mm ² 565 (psi) (81,800)
Elongation, at break, ISO 527-3, %	3.6

TYPICAL PERFORMANCE OF CURED MATERIAL

Adhesive Properties

Cured for 168 hours @ 22 °C

Shear Strength, Lap Shear Strength, ISO 4587:

Steel (grit blasted)	N/mm ² 17 (psi) (2,420)
Aluminum	N/mm ² 7.6 (psi) (1,100)
Aluminum (etched)	N/mm ² 13 (psi) (1,900)
Zinc dichromate	N/mm ² 9.1 (psi) (1,320)
Stainless steel	N/mm ² 15 (psi) (2,120)
ABS	N/mm ² 5.2 (psi) (750)
Phenolic	N/mm ² 3.2 (psi) (460)
Polycarbonate	N/mm ² 6.9 (psi) (1,000)
Nitrile	N/mm ² 0.7 (psi) (100)
Wood (Oak)	N/mm ² 4.8 (psi) (700)
Epoxy	N/mm ² 9.1 (psi) (1,320)
Polyethylene	N/mm ² 0.5 (psi) (72)
Polypropylene	N/mm ² 0.6 (psi) (87)

TYPICAL ENVIRONMENTAL RESISTANCE

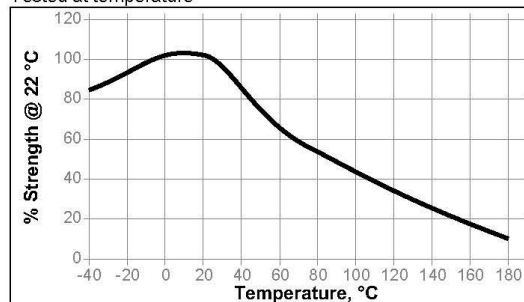
Cured for 1 week @ 22 °C

Lap Shear Strength, ISO 4587:

Steel (grit blasted)

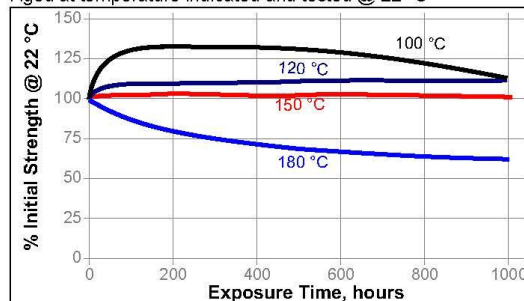
Hot Strength

Tested at temperature



Heat Aging

Aged at temperature indicated and tested @ 22 °C



Chemical/Solvent Resistance

Aged under conditions indicated and tested @ 22 °C.

Environment	°C	% of initial strength		
		100 h	500 h	1000 h
Water	22	90	75	70
Water	60	80	55	55
Motor oil	40	120	130	130
Unleaded gasoline	22	95	100	105
Ethanol	22	85	90	90
Isopropanol	22	100	100	95
Water/glycol 50/50	87	50	5	5
98% RH	40	85	70	70
95% RH	65	95	85	65

Lap Shear Strength, ISO 4587:

Polycarbonate

Environment	°C	% of initial strength		
		100 h	500 h	1000 h
98% RH	40	100	90	80

Henkel Americas
+860.571.5100

Henkel Europe
+49.89.320800.1800

Henkel Asia Pacific
+86.21.2891.8859

For the most direct access to local sales and technical support visit: www.henkel.com/industrial

Figura 96 – Hoja de datos técnicos. Fuente: LOCTITE

Lap Shear Strength, ISO 4587:
Aluminum

Environment	°C	% of initial strength		
		100 h	300 h	500 h
95% RH	65	100	95	85

GENERAL INFORMATION

This product is not recommended for use in pure oxygen and/or oxygen rich systems and should not be selected as a sealant for chlorine or other strong oxidizing materials.

For safe handling information on this product, consult the Safety Data Sheet (SDS).

Where aqueous washing systems are used to clean the surfaces before bonding, it is important to check for compatibility of the washing solution with the adhesive. In some cases these aqueous washes can affect the cure and performance of the adhesive.

Directions for use:

- Bond areas should be clean and free from grease. Clean all surfaces with a Loctite® cleaning solvent and allow to dry.
- To use, Part A and Part B must be blended. Product can be applied directly from dual cartridge by dispensing through the mixer head supplied.
- 50g Dual Cartridge:** Stand dual cartridge upright for 1 minute. Keeping the cartridge in an upright position, insert it into the application gun, remove cap and expel a small amount of adhesive to be sure both sides are flowing evenly and freely. Attach the mixing nozzle.
- 400g Dual Cartridge:** Stand dual cartridge upright for 1 minute. Remove the cartridge cap and locking ring, attach the mixing nozzle and secure with the locking ring. Load cartridge into the application gun so that the yellow label on cartridge is visible above the nozzle. Holding the application gun at a 45° angle, with the nozzle tip pointing upwards, begin dispensing the adhesive until the product reaches the nozzle tip.
NOTE: A pneumatic application gun is required to apply the product from the 400g dual cartridge at a maximum dispense pressure of 2 bar.
- Dispense and discard a bead as long and as wide as the mixing nozzle, to ensure sufficient mixing.
- Apply the mixed adhesive to one of the bond surfaces to be joined. Parts should be assembled immediately after the mixed adhesive has been applied.
- Bonds should be held fixed or clamped until adhesive has fixtured.
- Keep assembled parts from moving during cure. The bond should be allowed to develop full strength before subjecting to any service load.

Loctite Material Specification^{LMS}

LMS dated May 27, 2013 (Part A) and LMS dated June 10, 2013 (Part B). Test reports for each batch are available for the indicated properties. LMS test reports include selected QC test parameters considered appropriate to specifications for customer use. Additionally, comprehensive controls are in place to assure product quality and consistency. Special customer specification requirements may be coordinated through Henkel Loctite Quality.

Storage

Store product in the unopened container in a dry location. Storage information may be indicated on the product container labeling.

Optimal Storage: 2°C to 21°C. Storage below 2°C or greater than 21°C can adversely affect product properties. Material removed from containers may be contaminated during use. Do not return product to the original container. Henkel Corporation cannot assume responsibility for product which has been contaminated or stored under conditions other than those previously indicated. If additional information is required, please contact your local Technical Service Center or Customer Service Representative.

Conversions

(°C x 1.8) + 32 = °F
kV/mm x 25.4 = V/mil
mm / 25.4 = inches
µm / 25.4 = mil
N x 0.225 = lb
N/mm x 5.71 = lb/in
N/mm² x 145 = psi
MPa x 145 = psi
N·m x 8.851 = lb·in
N·m x 0.738 = lb·ft
N·mm x 0.142 = oz·in
mPa·s = cP

Note:

The information provided in this Technical Data Sheet (TDS) including the recommendations for use and application of the product are based on our knowledge and experience of the product as at the date of this TDS. The product can have a variety of different applications as well as differing application and working conditions in your environment that are beyond our control. Henkel is, therefore, not liable for the suitability of our product for the production processes and conditions in respect of which you use them, as well as the intended applications and results. We strongly recommend that you carry out your own prior trials to confirm such suitability of our product.

Any liability in respect of the information in the Technical Data Sheet or any other written or oral recommendation(s) regarding the concerned product is excluded, except if otherwise explicitly agreed and except in relation to death or personal injury caused by our negligence and any liability under any applicable mandatory product liability law.

In case products are delivered by Henkel Belgium NV, Henkel Electronic Materials NV, Henkel Nederland BV, Henkel Technologies France SAS and Henkel France SA please additionally note the following:

In case Henkel would be nevertheless held liable, on whatever legal ground, Henkel's liability will in no event exceed the amount of the concerned delivery.

In case products are delivered by Henkel Colombiana, S.A.S. the following disclaimer is applicable:

The information provided in this Technical Data Sheet (TDS) including the recommendations for use and application of the product are based on our knowledge and experience of the product as at the date of this TDS. Henkel is, therefore, not liable for the suitability of our product for the production processes and conditions in respect of which you use them, as well as the intended

Henkel Americas
+860.571.5100

Henkel Europe
+49.89.320800.1800

Henkel Asia Pacific
+86.21.2891.8859

For the most direct access to local sales and technical support visit: www.henkel.com/industrial

Figura 97 – Hoja de datos técnicos. Fuente: LOCTITE



applications and results. We strongly recommend that you carry out your own prior trials to confirm such suitability of our product.
Any liability in respect of the information in the Technical Data Sheet or any other written or oral recommendation(s) regarding the concerned product is excluded, except if otherwise explicitly agreed and except in relation to death or personal injury caused by our negligence and any liability under any applicable mandatory product liability law.

In case products are delivered by Henkel Corporation, Resin Technology Group, Inc., or Henkel Canada Corporation, the following disclaimer is applicable:

The data contained herein are furnished for information only and are believed to be reliable. We cannot assume responsibility for the results obtained by others over whose methods we have no control. It is the user's responsibility to determine suitability for the user's purpose of any production methods mentioned herein and to adopt such precautions as may be advisable for the protection of property and of persons against any hazards that may be involved in the handling and use thereof. In light of the foregoing, **Henkel Corporation specifically disclaims all warranties expressed or implied, including warranties of merchantability or fitness for a particular purpose, arising from sale or use of Henkel Corporation's products. Henkel Corporation specifically disclaims any liability for consequential or incidental damages of any kind, including lost profits.** The discussion herein of various processes or compositions is not to be interpreted as representation that they are free from domination of patents owned by others or as a license under any Henkel Corporation patents that may cover such processes or compositions. We recommend that each prospective user test his proposed application before repetitive use, using this data as a guide. This product may be covered by one or more United States or foreign patents or patent applications.

Trademark usage: [Except as otherwise noted] All trademarks in this document are trademarks and/or registered trademarks of Henkel and its affiliates in the U.S. and elsewhere.

Reference **N/A**

Henkel Americas
+860.571.5100

Henkel Europe
+49.89.320800.1800

Henkel Asia Pacific
+86.21.2891.8859

For the most direct access to local sales and technical support visit: www.henkel.com/industrial

Figura 98 – Hoja de datos técnicos. Fuente: LOCTITE

2.3 Fijaciones mecánicas en la reparación de carrocerías de automóviles

178

En las líneas de producción OEM, muchos componentes de aluminio se unen mediante la combinación de adhesivos con elementos de fijación mecánicos. El elemento más utilizado en la fabricación primaria de vehículos es el remache autoperforante (SPR). Sin embargo, los adhesivos también se utilizan en combinación con tornillos autorroscantes, tornillos de rosca convencionales, remaches ciegos, elementos de fijación y muchos más. Estos tipos de elementos se utilizan para unir una gran variedad de láminas de aluminio, extrusiones y piezas fundidas, así como numerosas aplicaciones de unión de materiales diferentes.

Sin embargo, para la reparación de carrocerías de automóviles, el uso de elementos tales como remaches autoperforantes y tornillos autorroscantes requiere un equipo y conocimientos técnicos muy específicos. Para cada combinación de material debe emplearse un remache, un troquel y un conjunto de parámetros muy específicos, sólo el fabricante del vehículo tiene acceso a estos parámetros específicos para cada junta y posee todo el equipo y las herramientas necesarias para aplicar la unión de forma correcta. Por consiguiente, sólo los propios fabricantes de equipos originales utilizan estas tecnologías para la reparación de componentes de aluminio.

El método más común y de aplicación universal para reparar uniones de elementos en una estructura de aluminio es el remachado ciego. En general, al reemplazar un panel, el elemento original (generalmente un remache autoperforante) se perfora con una broca ligeramente sobredimensionada, luego se aplica un nuevo panel y se coloca un remache ciego en el agujero restante para realizar la reparación. El proceso de remachado ciego es fácil de aplicar manualmente y funciona muy bien en combinación con adhesivo para fijar los componentes de aluminio en su lugar.

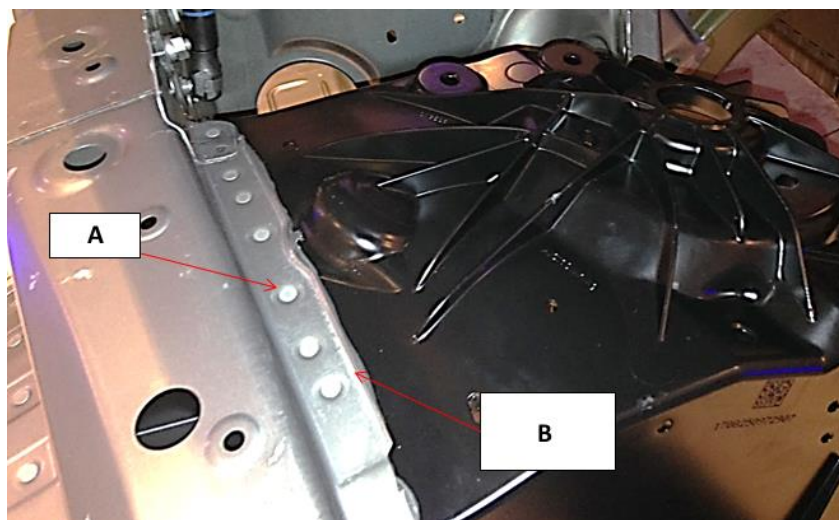


Figura 99 - SPR y adhesivo estructural en una carrocería de automóvil: A. SPR, B. Adhesivo estructural. Fuente: TWI

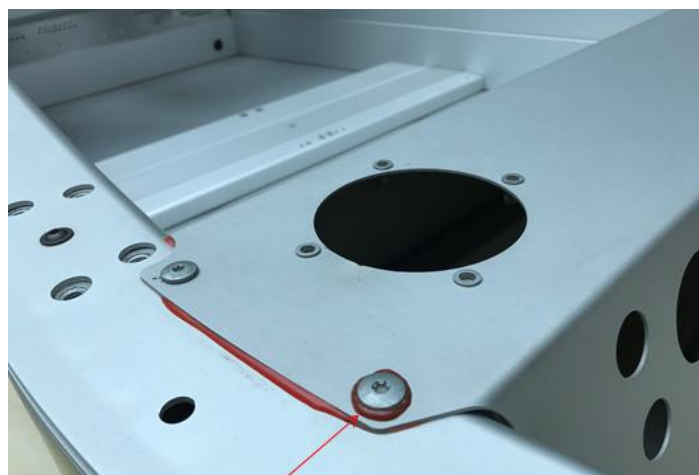


Figura 100 - Tornillos autorroscantes y adhesivos en una carrocería de automóvil. Fuente: TWI

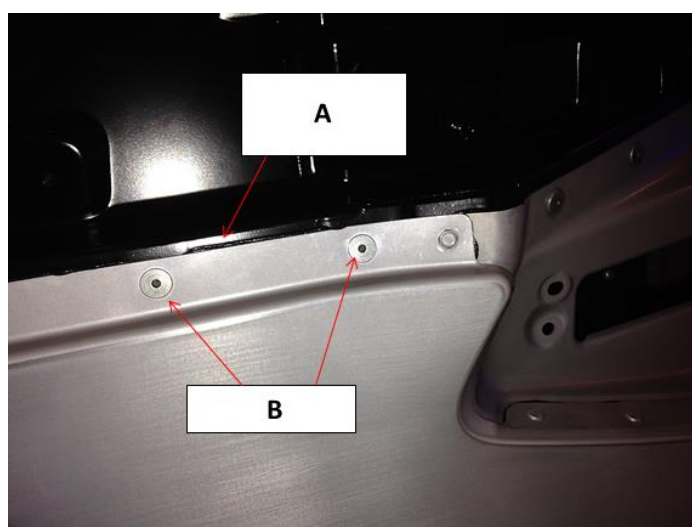


Figura 101 - A. Adhesivo estructural, B. Remaches ciegos. Fuente: TWI

Algunos de los fijadores mecánicos más comunes utilizados en la industria automotriz son los siguientes:

- **Fijaciones de rosca:** estas uniones desmontables requieren una rosca de unión y se clasifican como; un tornillo, si se utiliza una tuerca (componente con rosca interna), en cuyo caso se requiere un agujero de holgura; un tornillo, por otro lado, recurre a un agujero con rosca interna. Cuando se utilizan para aluminio, estos elementos de fijación suelen ser de acero al carbono recubierto. El par de apriete debe aplicarse de forma adecuada para que la correspondiente fuerza de precarga impida el deslizamiento entre los componentes.
- **Tornillos autorroscantes:** estos tornillos forman su propia rosca cuando se atornillan en los orificios del núcleo pretaladrados. Por lo tanto, la cabeza del tornillo debe ser más dura que el material de unión. El alto par de apriete y el ajuste positivo evitan que el tornillo se afloje espontáneamente.
- **Tornillos formadores de agujeros y roscas:** similar a la anterior, pero sin perforación. Si no se realiza el precalentamiento, el tornillo debe tener una geometría tal que se aplique una alta presión de contacto, lo que provoca la deformación plástica necesaria. De lo contrario, se produce un proceso de conformación por flujo en el que un punzón cónico que gira a alta velocidad es forzado hacia abajo, calentando la chapa metálica.
- **Tuercas y pernos para insertar a presión:** insertos roscados que se introducen a presión en un orificio preperforado de una chapa metálica aplicando una fuerza de compresión constante. Se utiliza cuando la pieza a atornillar es más fina que el paso de rosca del tornillo de roscar. Crear uniones atornilladas sin desgaste capaces de soportar elevadas cargas en componentes de paredes delgadas de materiales metálicos. Estos fijadores son a prueba de torsión, resistentes al desgaste y capaces de soportar altas cargas.
- **Tuercas y pernos de remache ciego:** que ofrecen una solución versátil para la unión de alta resistencia cuando el espesor de la pared es demasiado pequeño, el material es demasiado blando para soportar roscas roscadas o cuando es necesario desmontarlo.

Los **remaches** son económicas fijaciones mecánicas permanentes, en las que las piezas a unir se sujetan entre sí mediante un remache. Existen varios tipos de remaches, pero los más comunes en la industria automotriz se destacan a continuación.

- **Remache ciego:** el componente de unión se inserta y se cierra por un lado sólo con orificios pretaladrados. Comúnmente utilizado en la industria de la automoción, en general consta de dos componentes, un remache cilíndrico liso y un mandril de varilla maciza con cabeza, que pasa a través del eje hueco del remache. Mientras que el eje del mandril se desecha después del fijado, la cabeza del mandril generalmente permanece unida permanentemente.

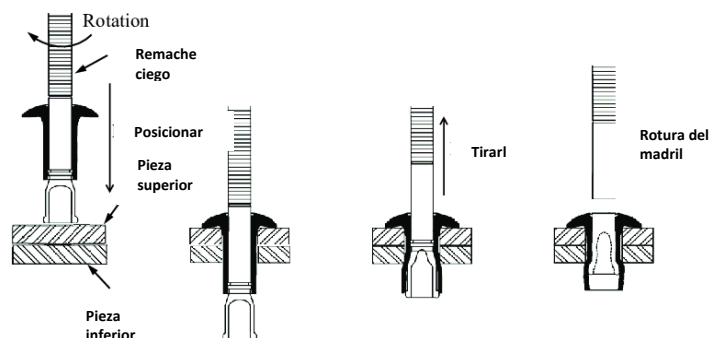


Figura 102 – Instalación de un remache ciego. Fuente: <https://manufacturingscience.asmedigitalcollection.asme.org/article.aspx?articleid=2630454>

- **Remache autopercutor:** un procedimiento de corte y remachado combinado de alta velocidad y un solo paso. Es necesario el acceso por ambos lados a la pieza de trabajo. En el remachado medio hueco, un remache semi-tubular es conducido a través de las láminas superiores del material, por medio de un punzón o un troquel. Mientras se introduce en la chapa de la matriz, se forma plásticamente y se fuerza a penetrar lateralmente en esta chapa por la forma especial de la matriz. Así, formando una unión duradera, donde la capa inferior actúa como un bloqueo mecánico.

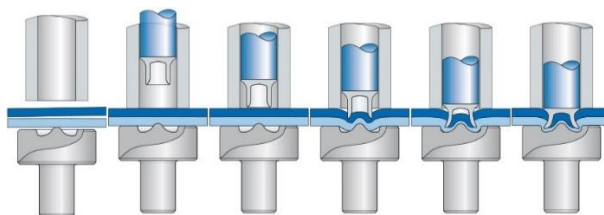


Figura 103 – Instalación de un remache autopercutor. Fuente: <http://www.weltderfertigung.de/archiv/jahrgang-2011/ausgabe-maerz-2011/4-generation-verbindet-in-der-4-dimension.php>

El remachado ciego es una técnica de fijación mecánica no roscada, especialmente cuando el acceso a la unión sólo está disponible desde un lado o cuando los materiales a unir no son soldables. El remache se coloca en un agujero pretaladrado y es generalmente de forma tubular con una cabeza en un lado, y un mandril con cabeza a través de él. Cuando el mandril se tira hacia atrás, hace que la cola del remache se

reviente contra el reverso de las láminas, proporcionando el bloqueo mecánico entre el original y la nueva cabeza formada. A medida que la carga sobre el mandril aumenta, se rompe en una muesca justo detrás de la cabeza, dentro del remache (cerrando el remache hueco), aunque en algunos tipos, el mandril se tira por completo (dejando una abertura). El diseño del fijador y el modo exacto de operación son generalmente de propiedad exclusiva.

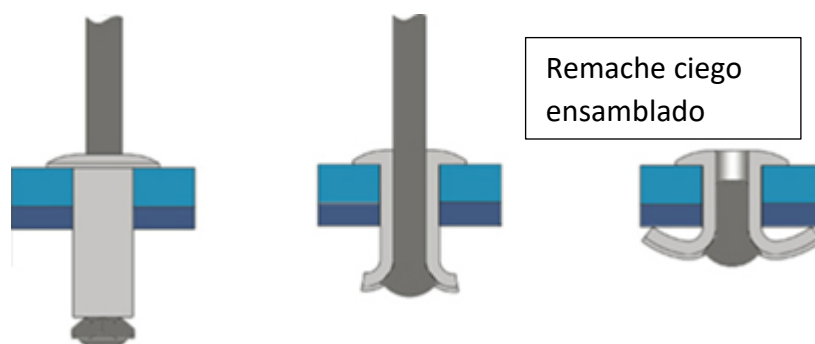


Figura 104 – Pasos de un remachado ciego. Fuente: TWI

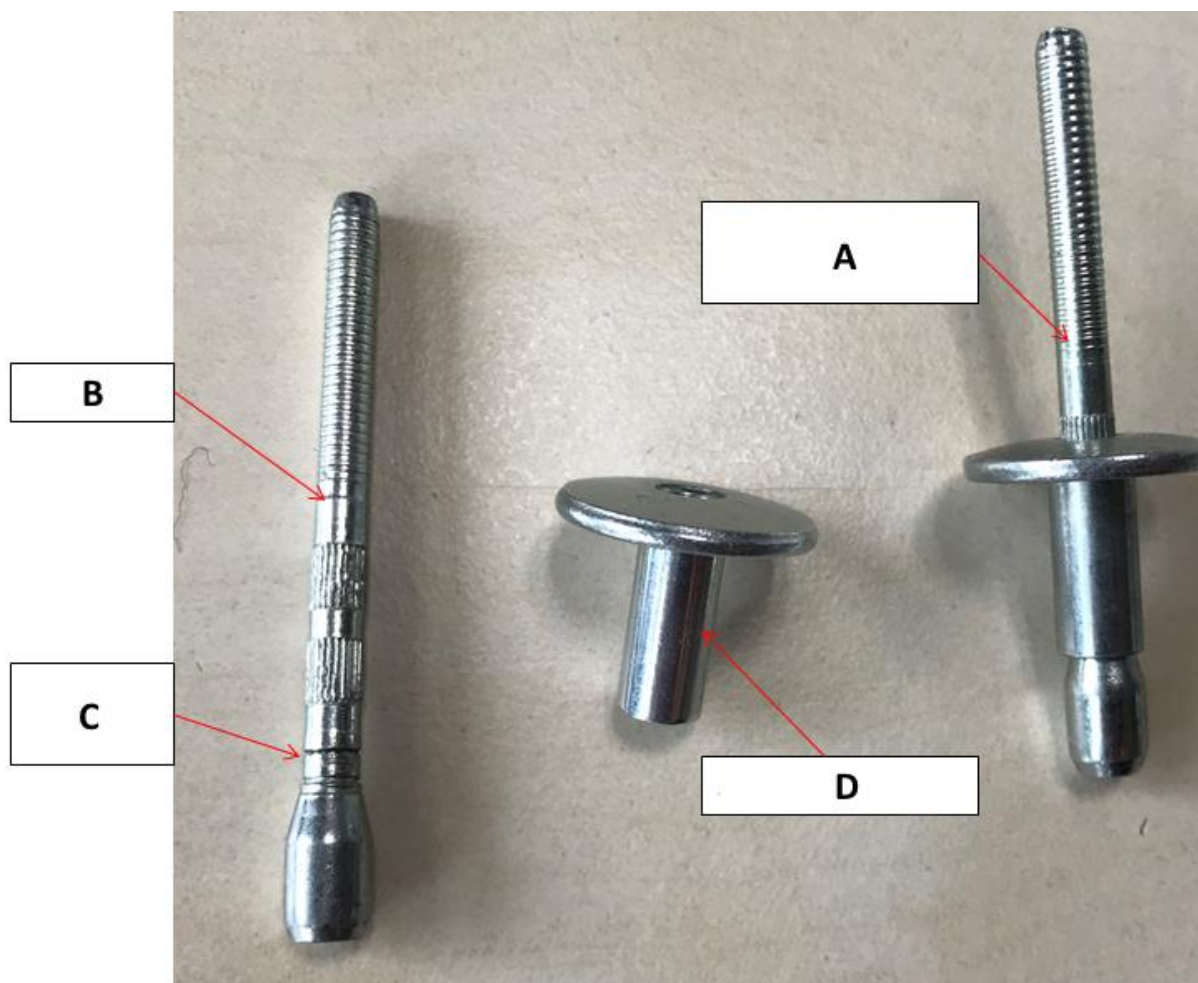


Figura 105 - Los componentes de un remache ciego. A. Remache ciego ensamblado, B. Mandril, C. Punto de rotura, D. Cuerpo del remache ciego. Fuente: TWI



Figura 106 - Remaches ciegos colocados en una pila de material de 3 chapas y una sección transversal de remache. Fuente: TWI

Existen numerosos requisitos de calidad para el remachado ciego, y es importante que se seleccione el remache correcto para el espesor de la chapa y el diámetro del agujero en el que se va a aplicar. Un remache correctamente seleccionado y ajustado tendrá un punto de rotura de mandril situado dentro de la cabeza del remache, no en la profundidad del remache o por encima de la cabeza. El remache debe cerrar las láminas de material y el cabezal debe encajar a ras con la lámina superior del material.

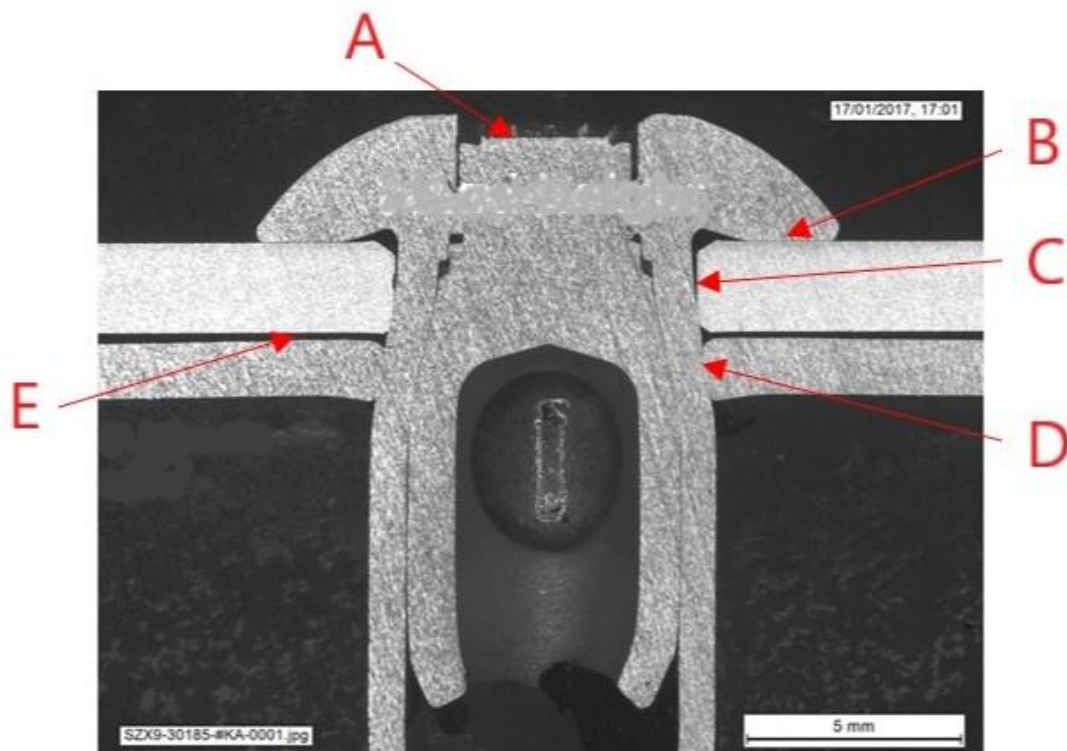


Figura 107 - Sección transversal de un remache ciego que muestra los factores de calidad requeridos. A. Se requiere fractura del mandril en el orificio del remache, B. La cabeza del remache a ras de la plancha, C. La separación entre la cabeza del remache y la chapa superior es preferiblemente cerrada, D. El ajuste de la cola del remache a la chapa inferior es a ras de la chapa inferior, E. Las separaciones entre las planchas deben ser cerradas. Fuente: TWI

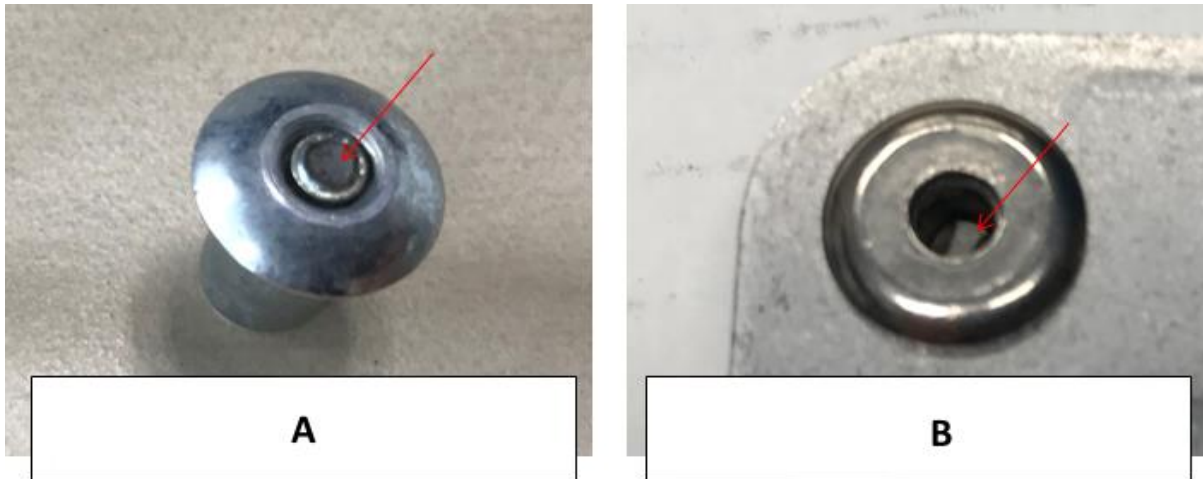


Figura 108 -Ejemplos de rotura correcta del mandril en la cabeza del remache y rotura incorrecta del mandril en el interior del cuerpo del remache.

*A. El mandril se ha roto en la cabeza del remache - correcto, B. El mandril se ha roto en el interior del remache - incorrecto.
Fuente: TWI*

Los remaches ciegos están disponibles en muchas formas y tamaños diferentes, ya que se utilizan para muchas aplicaciones diferentes en los sectores de automoción, aeroespacial y de fabricación en general.

Las diferentes geometrías controlan el comportamiento de los remaches:

- Los remaches con cabeza grande se pueden utilizar en agujeros de gran tamaño (útiles para la reparación) y proporcionan una mayor resistencia mecánica a la unión.
- Se pueden utilizar remaches largos para unir planchas de material más grueso.
- Los remaches con mandriles anchos se utilizan en agujeros más grandes y tienen una mayor fuerza de ruptura, lo que se traduce en mayores fuerzas de cierre en la unión.

Los remaches ciegos también están disponibles en una gama de materiales diferentes. Lo más común es que los remaches estén hechos de acero al carbono con un recubrimiento de zinc, pero también hay disponibles remaches de aluminio y de acero inoxidable.

La selección del remache adecuado para una unión es crítica. El espesor total de la estructura de chapa debe estar dentro del rango de agarre del remache, el remache

debe adaptarse al tamaño del agujero en el que se va a insertar. Cada tipo y material de remache específico también tiene una especificación para su fuerza de cierre (para sujetar las láminas juntas) y sus resistencias al corte y a la tracción. Estas fuerzas de cierre y de unión deben ser adecuadas para el componente en el que se va a fijar el remache. En la siguiente tabla se muestra un ejemplo de las especificaciones y datos de rendimiento de los remaches dados por el fabricante.



Figura 109 - Una variedad de geometrías de remaches ciegos con diferentes tamaños de cabeza, longitudes de cuerpo de remache, diámetros de mandril y de cuerpo y puntos de plegado dentro del cuerpo del remache. Fuente: TWI

Ejemplo de especificaciones de remaches y datos de rendimiento, tal y como los suministran normalmente los fabricantes de remaches ciegos (tenga en cuenta que los datos son un ejemplo y no provienen de ningún producto real):

Material del remache: Acero al carbono, recubierto de zinc			Forma de la cabeza del remache: Cúpula		
Diámetro del orificio requerido, mm	Diámetro x longitud del cuerpo del remache, mm	Rango de sujeción, mm	Código del remache	Resistencia al corte, N	Resistencia a la tracción, N
5.1	5 x 8	2.0 – 4.0	XXXX	3100	4400
5.1	5 x 10	4.0 – 6.0	XXXX	3100	4400
5.1	5 x 12	6.0 – 8.0	XXXX	3100	4400
5.1	5 x 14	8.0 – 9.5	XXXX	3100	4400
6.1	6 x 10	2.5 – 4.5	XXXX	4400	6000

6.1	6 x 12	4.5 – 6.5	XXXX	4400	6000
6.1	6 x 14	6.5 – 8.5	XXXX	4400	6000
6.5	6.4 x 12	3.0 – 6.0	XXXX	4900	6800
6.5	6.4 x 16	6.0 – 9.0	XXXX	4900	6800
6.5	6.4 x 18	9.0 – 11.0	XXXX	4900	6800

Tabla 17 – Especificaciones de remaches y datos de rendimiento

Es importante que no sólo se seleccione el remache correcto para el espesor de la chapa y el diámetro del agujero, sino también que los agujeros del componente estén alineados correctamente. Los orificios desalineados reducen eficazmente el área en la que el remache puede expandirse y puede resultar en una mala calidad de la unión o, en el peor de los casos, en la ausencia total de la misma.

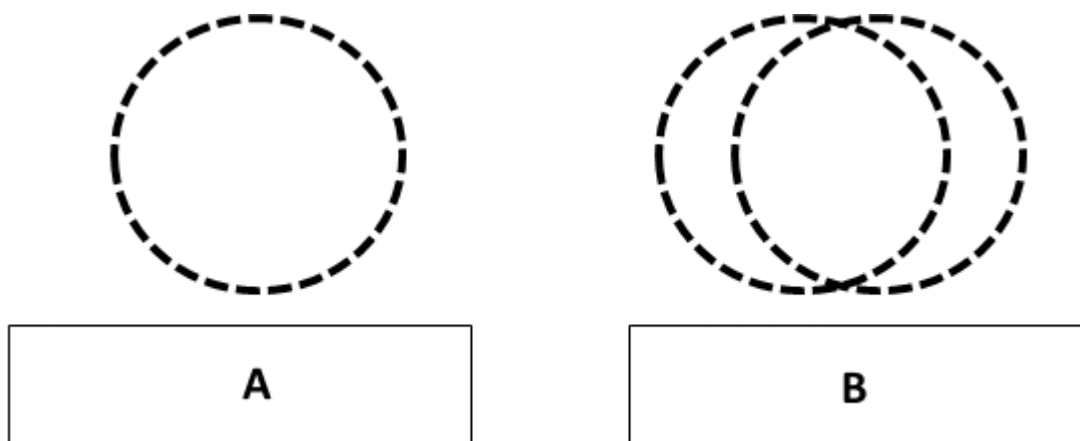


Figura 110 - Importancia de la alineación correcta de los agujeros para el ajuste del remache. A. Agujeros de la chapa bien alineados = buena calidad del remache, B. Agujeros de la chapa mal alineados = mala calidad del remache. Fuente: TWI

Cuando se taladra un remache autoperforante (SPR) para realizar una reparación con un remache ciego, es más fácil taladrar desde la cara posterior del remache (punta del remache), taladrar el cabezal del remache de acero duro es más difícil. Normalmente, un remache autoperforante tiene un diámetro de cuerpo de 5,0 mm y se puede perforar con una broca de 6,5 mm de diámetro, dejando un agujero adecuado para fijar un remache ciego con un diámetro de cuerpo de 6,4 mm. Regularmente, tanto en escenarios de producción como de reparación, es muy difícil alinear exactamente los

agujeros en ambas (o en algunos casos en tres) planchas de material. Por esta razón, es práctica común producir agujeros ligeramente sobredimensionados en la chapasuperior del material, lo que permite que los componentes se acoplen más fácilmente. Sin embargo, es crítico que la cabeza del remache sea más grande que el agujero superior de la chapapara asegurar que se forme una buena unión.

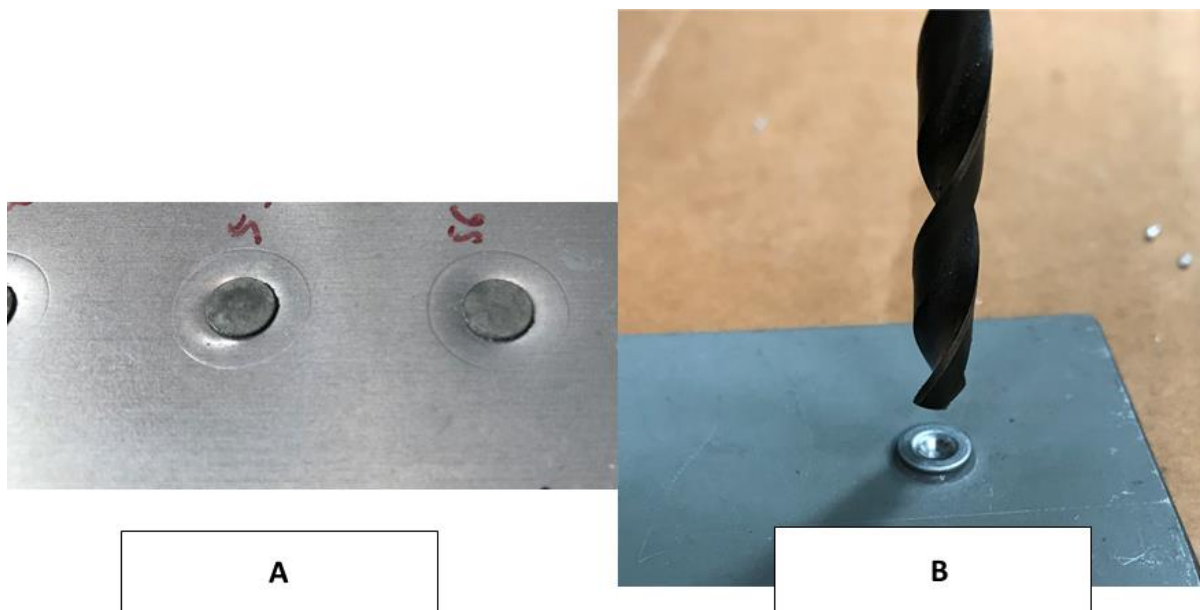


Figura 111 - Taladrar una SPR desde la cara posterior (punta de remache), donde el acceso lo permita. A. Cabeza del remache - más difícil de taladrar, B. Punta del remache - más fácil de taladrar. Fuente: TWI

Al fijar un remache ciego, el fabricante de la herramienta suministra las instrucciones de funcionamiento específicas para la herramienta. Estas instrucciones deben seguirse siempre.

Hay varios tipos de herramientas de remachado ciego disponibles, que van desde herramientas manuales, donde un mecanismo operado a mano fija el remache, hasta sistemas alimentados por batería y neumáticos.

- En cada caso, se debe instalar la boquilla correcta para cada tipo de remache (diámetro del mandril).
- A continuación, el remache se introduce manualmente en la boquilla.

- A continuación, la herramienta de remachado y el remache se insertan en el orificio, teniendo cuidado de mantener la herramienta perpendicular a la superficie de la chapa metálica.
- Aplicar presión hacia abajo.
- A continuación, el remache se ajusta accionando el gatillo de la herramienta o el mecanismo manual.

189



Figura 112 - Ejemplos de herramientas de remachado ciego. Fuente: TWI

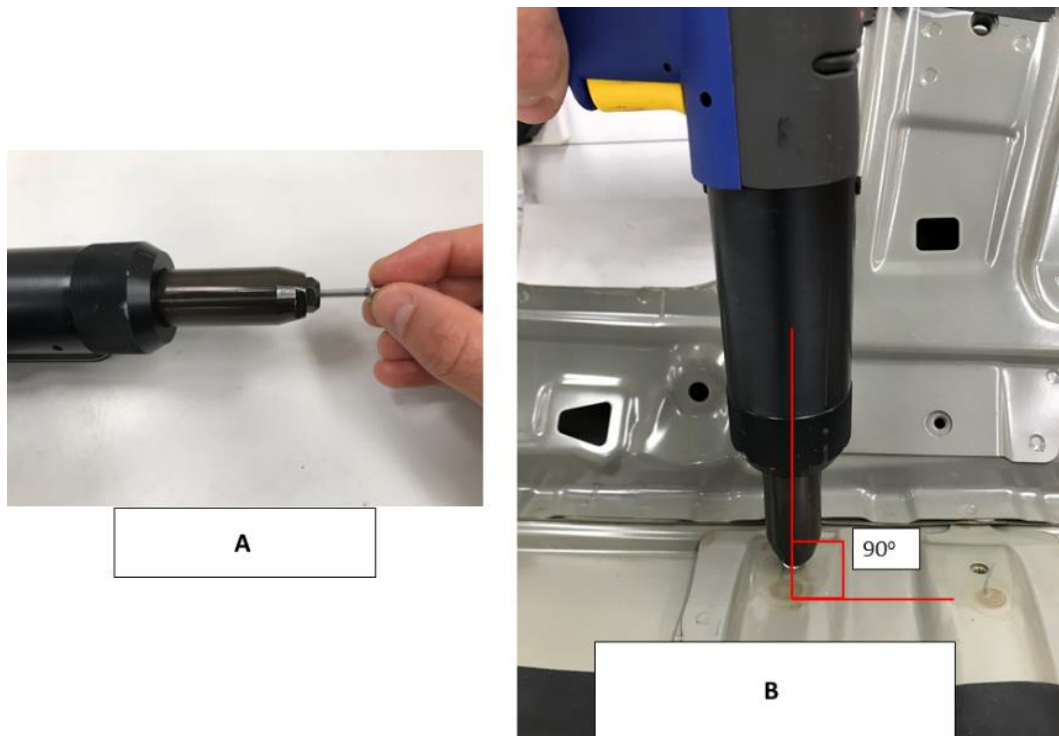


Figura 113 - Insertar un remache en la boquilla y fijar un remache ciego perpendicular a la superficie metálica. A. Insertar el remache en la boquilla, B. Introducir el remache en el agujero, con la herramienta perpendicular a la superficie metálica.
Fuente: TWi

Al realizar reparaciones de componentes de aluminio con remaches ciegos y adhesivos, son importantes los siguientes puntos:

- Taladrar los remaches, tornillos y fijaciones que queden de la zona de unión.
- Preparar la pieza de recambio y colocarla en la carrocería del vehículo, realizando los ajustes correspondientes para luego realizar los agujeros donde se colocarán los remaches ciegos.
- Preparar las superficies de todas las chapas donde se debe aplicar el adhesivo para garantizar la adherencia.
- Para aplicar el cordón adhesivo a lo largo de las lengüetas de unión. Merece la pena asegurarse de que una capa continua de adhesivo rodea los orificios de los remaches.
- La aplicación del adhesivo debe ser suficiente para cubrir todas las superficies, pero no excesiva, lo que provoca la expulsión del adhesivo y la contaminación de otras partes de la carrocería del vehículo.
- El panel se pone a disposición y se ajusta, fijándolo con mordazas autoblocantes.
- Asegúrese de que todos los agujeros estén alineados entre las superficies de la chapas superior e inferior y limpie el exceso de adhesivo de los agujeros.
- Al fijar un remache ciego, se deben seguir las directrices y procedimientos de los proveedores de herramientas.
- Se debe instalar en la herramienta la boquilla correcta para el tipo de remache. El remache se introduce en la boquilla de la herramienta.
- La herramienta y el remache deben ser colocados en el agujero, la herramienta debe ser perpendicular a la superficie de la chapa para asegurar que el remache esté bien colocado.
- Se debe aplicar una fuerza hacia abajo.
- Se presiona el gatillo de la herramienta de remachado (o mecanismo operado en una herramienta manual), el mandril se rompe y se ajusta el remache.
- Los remaches ciegos ayudarán a mantener la unión inmóvil mientras se realiza el curado del adhesivo.

- Eliminar los restos de adhesivos que puedan haberse desbordado de la unión y limpiar las herramientas y los utensilios de remachado de posibles contaminaciones del producto.

3ª Formación Práctica

Remache ciego en una unión de aluminio-aluminio a través de un adhesivo, utilizando una pieza de prueba de ensayo plana

(2 horas)

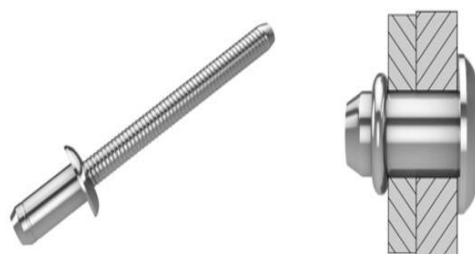


Figura 114 – Remache ciego. Fuente: TWI



Figure 115 – Adhesivo estructural. Fuente: TWI

Elemento	Descripción
A	150 mm (6.0 pulgadas)
B	75 mm (3.0 pulgadas)
C	37.5 mm (1.4 pulgadas)
D	75 mm (3.0 pulgadas)
E	30 mm (1.1 pulgadas)
F	Remache ciego

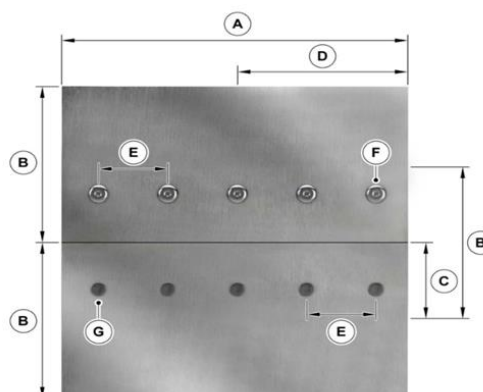


Tabla 18 – Descripciones. Figura 116 – Pieza de ensayo. Fuente: TWI



Figura 117 -Mordazas autoblocantes. Fuente: TWI



Figura 118 -Mordaza en G. Fuente: TWI



Figura 119 - Taladro y broca. Fuente: TWI



Figura 120 – Herramientas para remachado ciego. Fuente: TWI

Consumibles	
✓	KIT de adhesivo estructural
✓	4 planchas de aluminio de 100 x 70 mm (espesor de 1.0 – 3.0 mm)
✓	Limpiador de superficies recomendado por el fabricante del adhesivo estructural
✓	Papel desechable para limpiar superficies
✓	Cinta adhesiva o cinta de chapista
Herramientas	
✓	Pistola para aplicar el adhesivo
✓	Taladro
✓	Broca de 6,5 mm y broca de 7,5 mm
✓	Herramienta de remachado ciego
✓	Taladro
✓	Cuerpo de remaches ciegos de 6,4 mm de diámetro, rango de agarre adecuado para el espesor de la chapa apilada (se necesitan un mínimo de 10 remaches ciegos)
✓	Mordazas autoblocantes
✓	Mordaza en G
Seguridad e Higiene	
Uso: ropa de trabajo, guantes de goma o de plástico impermeable, gafas protectoras.	
Se deben tomar medidas para evitar que los materiales que no están curados entren en contacto con la piel, ya que las personas con pieles especialmente sensibles pueden verse afectadas.	
Normalmente será necesario el uso de guantes de goma o de plástico impermeable, así como el uso de protección para los ojos.	
La piel debe limpiarse con agua tibia y jabón al final de cada período de trabajo. Evitar el uso de disolventes en la piel.	
Se debe usar papel desechable para secar la piel y no toallas de tela.	

Se recomienda una ventilación adecuada del lugar de trabajo.

Siga los procedimientos de trabajo para taladrar.

Siga los procedimientos de trabajo seguros para la aplicación de remaches ciegos, utilice las instrucciones del operador para el funcionamiento de la herramienta de remachado.

Proceso de trabajo

Preparar la pieza de ensayo

Preparar la pieza de ensayo de acuerdo con el plan indicado.

Taladro de los agujeros

1. Colocar las planchas de aluminio como se muestra en el diagrama, con el solapamiento correcto de 35 mm,
2. Sujete las planchas de aluminio a un banco de trabajo o mesa de perforación adecuados,
3. Asegúrese de que haya un área abierta o un bloque de madera debajo del área que se va a taladrar,
4. Taladrar los agujeros en 3 planchas con una broca de 6,5 mm,
5. Taladrar los agujeros en 1 chapacon una broca de 7,5 mm.

Especificaciones de seguridad del adhesivo estructural

Lea las especificaciones de seguridad del producto y compruebe el kit de seguridad que la persona que aplica el producto debe llevar puesto.

Ficha técnica del producto

Lea las especificaciones técnicas del adhesivo estructural y anote el procedimiento de aplicación y los tiempos de manipulación y secado.

Compruebe la fecha de caducidad del producto

Compruebe la fecha de caducidad del producto y deséchelo si está vencido.

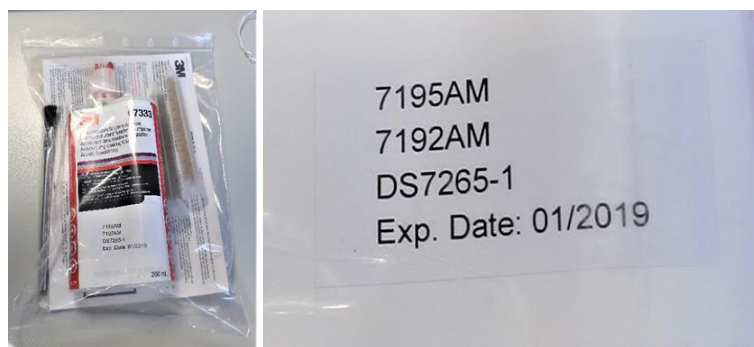


Figura 121 – Fecha de caducidad. Fuente: CESVIMAP

Cordón de prueba

Una vez que el producto haya sido preparado adecuadamente de acuerdo con las instrucciones de uso del fabricante, se debe realizar una prueba de microesferas. El cordón de prueba debe tener una longitud aproximada de 300 mm. Debe colocarse sobre un sustrato desechable y dejarse secar en condiciones similares a las de la reparación real. Una vez finalizado el ciclo de secado indicado (15 minutos a una temperatura de 80°C o a temperatura ambiente durante 24 horas), el técnico de

la carrocería podrá observar el color del cordón y realizar una prueba de tacto para comprobar que el producto se ha secado y es firme.

Pretratamiento - Preparación del sustrato

Las superficies a unir deben limpiarse previamente con un buen desengrasante, en particular el recomendado en las especificaciones del fabricante, para eliminar cualquier rastro de aceite, grasa o suciedad. Los alcoholes de bajo grado, la gasolina o los disolventes de pintura nunca deben utilizarse como agentes desengrasantes.

Las uniones más fuertes se obtienen después de someter las superficies, ya desengrasadas, a tratamientos mecánicos de abrasión o a tratamientos químicos de decapado. Un tratamiento mecánico de abrasión implicaría un nuevo proceso de desengrase después de este tratamiento.

Aplicación del adhesivo

La mezcla de resina y endurecedor debe aplicarse directamente o con una espátula sobre las superficies secas y pretratadas.

Una capa de adhesivo con un espesor de 1 mm en cada superficie a unir, proporcionará la máxima resistencia mecánica a la unión. Las superficies a unir deben colocarse en una posición fija y definitiva una vez aplicado el adhesivo.

Colocar dos mordazas de presión, una a cada lado de la unión, durante todo el proceso de secado.

Colocación de los remaches ciegos - Parte A Agujeros de 6,5 mm en la chapasuperior e inferior

1. Asegúrese de que los orificios estén alineados correctamente en las piezas de ensayo (los orificios superior e inferior tienen un diámetro de 6,5 mm),
2. Limpie cualquier exceso de adhesivo que salga de los agujeros,
3. Siga los procedimientos de operación del fabricante de la herramienta de remachado,
4. Insertar un remache en la herramienta,
5. Coloque la herramienta y el remache en el orificio, asegúrese de que la herramienta esté perpendicular,
6. Aplicar fuerza hacia abajo,
7. Se presiona el gatillo de la herramienta de remachado (o mecanismo operado en una herramienta manual), el mandril se rompe y se ajusta el remache,
8. Compruebe que la parte trasera del remache ha sujetado correctamente la chapainferior, compruebe que la cabeza del remache está a ras con la chapasuperior, compruebe que el mandril se ha roto en la posición correcta dentro de la cabeza del remache.

Colocación de los remaches ciegos, orificio de 7,5 mm en la chapasuperior, orificio de 6,5 mm en la chapainferior

1. Asegúrese de que los orificios estén correctamente alineados en las piezas de ensayo (los orificios inferiores tienen un diámetro de 6,5 mm y los superiores de 7,5 mm),
2. Limpie cualquier exceso de adhesivo que salga de los agujeros,
3. Siga los procedimientos de operación del fabricante de la herramienta de remachado,
4. Insertar un remache en la herramienta,
5. Coloque la herramienta y el remache en el orificio, asegúrese de que la herramienta esté perpendicular,
6. Aplicar fuerza hacia abajo,

7. Se presiona el gatillo de la herramienta de remachado (o mecanismo operado en una herramienta manual), el mandril se rompe y se ajusta el remache,
8. Compruebe que la parte trasera del remache ha sujetado correctamente la chapainferior, compruebe que la cabeza del remache está a ras con la chapasuperior, compruebe que el mandril se ha roto en la posición correcta dentro de la cabeza del remache.

Mantenimiento de la herramienta

Todas las herramientas se pueden limpiar con agua caliente y jabón antes de que el residuo de adhesivo se haya curado. La eliminación de los residuos de adhesivo, una vez curados, es difícil y lleva tiempo. Si se utilizan disolventes como la acetona para la limpieza, deben tomarse las medidas de protección necesarias y debe evitarse el contacto con los ojos y la piel.

2.4 Unión híbrida en unión adhesiva

2.4.1. Unión adhesiva y soldadura de puntos por resistencia

La técnica de soldadura adhesiva combina el uso de adhesivos con la soldadura de puntos por resistencia y se denomina típicamente soldadura de unión.

La eficacia de la unión es mucho mayor que cuando es establecida por cualquiera de los sistemas individualmente. Una unión combinada mejora la distribución de las tensiones y la posibilidad de minimizar los problemas de fatiga, además de permitir que el adhesivo se fije en su sitio hasta que se cure.

Las dos técnicas que se utilizan con más frecuencia son la soldadura de puntos, comúnmente denominada soldadura por puntos, y la remachada, comúnmente denominada unión por remaches; la primera es más común en carrocerías de vehículos de acero y la segunda en carrocerías de aluminio.

Muchos componentes en un vehículo de acero son soldados por puntos a través de un adhesivo en la línea de producción original del OEM. La mayoría de los adhesivos y selladores epoxídicos utilizados en las aplicaciones de carrocerías de automóviles se pueden soldar por puntos. El orden habitual del proceso en la línea de montaje de carrocerías es:

- Colocación inicial del panel.
- Aplicación del adhesivo del sistema de dispensación.
- Colocación del segundo (y a veces tercer) panel.

- Soldadura por puntos.

La fuerza del electrodo al soldar por puntos a través de un adhesivo debe ser suficiente para desplazar el adhesivo debajo del electrodo; en las plantas de soldadura de carrocerías de automóviles, se utilizan fuerzas superiores a 2kN (2000N o 200kg). La formulación del adhesivo fluye fuera del área debajo del electrodo y permite el paso de la corriente.

El paso de la corriente derrite el acero y localmente quema cualquier residuo restante del adhesivo. Los humos liberados por el epoxi quemado pueden ser tóxicos, por lo que se pueden utilizar sistemas de extracción.

En general, se requiere poca alteración del programa de soldadura por puntos para soldar a través de un adhesivo epoxi. Sin embargo, si se encuentran dificultades para lograr una soldadura por puntos de calidad adecuada a través de un adhesivo, se pueden tomar las siguientes medidas:

- Aumentar la fuerza de soldeo: Esto ayuda a exprimir el adhesivo permitiendo que la corriente de soldadura fluya normalmente entre las chapas de acero.
- Aumente el tiempo de compresión: Esto permite un poco más de tiempo para exprimir el adhesivo antes de la soldadura (tiempo de soldeo).
- Aumente el tiempo de soldeo: Un tiempo de soldeo más largo permite una tasa más suave de crecimiento de la soldadura, que puede ser más estable que el crecimiento rápido en un tiempo corto.
- Reducir la corriente de soldeo: Si las salpicaduras o la expulsión son un problema al soldar a través de un adhesivo, entonces el uso de una corriente más baja (a menudo en combinación con un aumento de la fuerza y del tiempo de soldeo) puede estabilizar el crecimiento de la soldadura sin sobrecalentarla.
- Utilizar una corriente de pre-pulso: Algunos equipos de soldeo tienen la posibilidad de programar una corriente de "pre-pulso", que es un pulso inicial de baja corriente, que se puede utilizar para calentar y ablandar las chapas de material y calentar el adhesivo para ayudar a que fluya

fuera del área de unión antes de que se aplique el pulso de la corriente principal de soldeo.

Es muy importante tener en cuenta que los adhesivos que contienen perlas de vidrio no son adecuados para la soldadura por puntos.

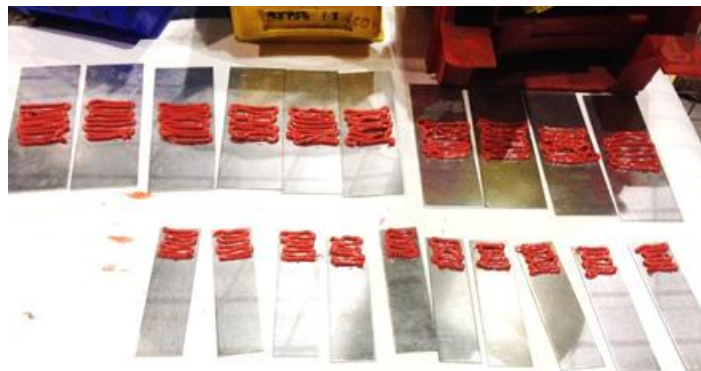


Figura 122- Preparación de pequeñas muestras para la soldadura por puntos, ensayos de desarrollo de parámetros. Fuente: TWI

Al soldar por puntos a través de un adhesivo, es importante:

- Comprobar si, con los electrodos disponibles en la máquina de soldar, es posible llegar a la zona del vehículo a soldar y acceder fácilmente a las aristas en un ángulo perpendicular.
- Se aplica una cantidad suficiente de adhesivo en las láminas a unir, extendiéndolo, si es necesario, con la ayuda de una espátula. La aplicación del adhesivo debe ser suficiente para cubrir todas las superficies. La aplicación excesiva de adhesivo provocará la expulsión del adhesivo y la contaminación de otras partes de la carrocería del vehículo.
- El panel se pone a disposición y se ajusta, colocándolo en su lugar con mordazas auto-bloqueantes.
- Con la ayuda de una espátula, eliminar el exceso de adhesivo que pueda haberse desbordado de la zona de la unión.
- Después de esto, la soldadura se lleva a cabo dentro del tiempo de manipulación del adhesivo. Es muy importante que el adhesivo no comience a curar antes de la soldadura, ya que esto significa que no se puede realizar una soldadura exitosa.

- Si el equipo de soldeo tiene una función de precalentamiento, la aplicación de un breve impulso de calentamiento de baja corriente antes del impulso principal de soldeo puede ayudar a desplazar el adhesivo, lo que permite realizar una soldadura de mejor calidad.
 - Es importante que el adhesivo no contamine la punta del electrodo, ya que esto provocará quemaduras en la superficie y sobrecalentamiento de la soldadura.

Nombre del operario: Fecha: Máquina de soldeo: Normas/procedimientos seguidos: Vehículo/componente:					Material 1: Material 2: Material 3:	
Detalles del electrodo Refrigeración por agua Dimensiones de la pieza: Distancia entre puntos soldados: Adhesivo usado: Fecha de caducidad del adhesivo:					Tiempo de compresión: Tiempo de soldeo: Tiempo de espera: Fuerza del electrodo/Presión: Toma del transformador:	
Nº de soldadura	Corriente (kA ó calor %)	Diámetro soldadura d1 (mm)	Diámetro soldadura d2 (mm)	Diámetro medior $d1+d2/2$ (mm)	Salpicadura (expulsión)	Comentarios Observaciones

Tabla 19- Ejemplo de hoja de datos de soldadura por puntos

2.4.3 Control de calidad

Proceso para asegurar el control de calidad y la inspección de la unión (pruebas no destructivas como la inspección visual)

Hay una variedad de posibles fallos en las uniones adhesivas: grietas, fisuras, discontinuidades, etc., debido principalmente a los errores que se producen durante el pretratamiento de la superficie. Una vez diseñada la unión y aplicado el adhesivo, existen varios métodos de control para comprobar la calidad final, tales como ultrasonidos, rayos X, señal acústica, inspección térmica o infrarroja y termográfica, calidad de sellado, etc. La inspección visual es la técnica más utilizada en los procesos de unión de carrocerías.

En la reparación de carrocerías de automóviles con adhesivo, se debe verificar el área adherida para ver si:

201

- a. El adhesivo cubre adecuadamente todas las superficies a unir sin dejar ninguna superficie libre de adhesivo.
- b. El curado del adhesivo ha sido aplicado correctamente.

Para asegurar que estos dos parámetros son correctos, se deben verificar y llevar a cabo las siguientes comprobaciones:

1. Después de realizar una unión adhesiva en combinación con remachado o soldadura de puntos por resistencia, se debe realizar una comprobación para asegurar que el adhesivo se desborde a lo largo de toda el área de unión del adhesivo.
 - a. El fabricante del vehículo indicará en el manual de reparación del vehículo que el exceso o el desbordamiento de adhesivo debe eliminarse de la unión con los consumibles recomendados. A pesar de esta advertencia, es muy importante que el adhesivo se desborde a lo largo de la unión, ya que esto será una señal de que el adhesivo ha llegado a todas las superficies que se van a unir. La dosificación correcta durante la aplicación del adhesivo es importante.
2. Curado del cordón de prueba
 - a. Antes de aplicar el adhesivo sobre las superficies a unir, es importante realizar un cordón de prueba de curado que cumpla con las siguientes características y procedimientos de rendimiento:
 - b. Una vez que el cartucho de adhesivo estructural ha sido preparado, y los componentes del adhesivo han sido empujados hacia afuera a través de

la boquilla del cartucho, la boquilla mezcladora se coloca en su lugar, y se produce un cordón de prueba de curado en un sustrato desechable. El cordón de prueba debe tener una longitud aproximada de 300 mm. Debe colocarse sobre un sustrato desechable y dejarse secar en condiciones similares a las de la reparación real. En otras palabras, si la junta se deja secar al aire, el cordón de ensayo se deja secar al aire, y si la junta se seca forzando el secado mediante calor, el cordón de ensayo se colocará en el vehículo y se someterá a las mismas condiciones de curado por temperatura que el vehículo.

- c. Una vez seca y curada, el técnico de carrocería podrá observar el color del cordón (ver indicaciones del fabricante del adhesivo) y realizar una prueba de tacto para comprobar que el producto está seco y firme.

Procedimientos de trabajo

Los procesos de trabajo normalmente usados en reparación de carrocería son: sustitución de lunas pegadas, sustitución de piezas metálicas de la carrocería, reparación de plásticos, pegado de pequeñas piezas, etc.

Sustitución de piezas metálicas de la carrocería

En la reparación de vehículos siniestrados es muy usual el reemplazamiento de uno o algunos de los componentes que constituyen la carrocería. Estas operaciones conllevan, en ciertas ocasiones, trabajos laboriosos e importantes manipulaciones de zonas de la carrocería, excesivamente desproporcionadas con relación a la magnitud del daño que se necesitan reparar.

Las sustituciones de la carrocería por sección parcial son operaciones llevadas a cabo por todos los fabricantes de automóviles, por las cuales es posible preservar al máximo

las cualidades originales del vehículo, manteniendo, en la medida de lo posible, las uniones realizadas en fabricación.

Entre las principales propiedades de la unión adhesiva se encuentra su idoneidad para unir materiales diferentes, ya que estas uniones no alteran ni deforman las chapas finas de metal, como es el caso de la soldadura. También sellan las juntas y distribuyen las fuerzas uniformemente. La sustitución de un techo en la mayoría de los casos la única alternativa es mediante adhesivo.

Cuando se trata de pegar una pieza sobre otra es necesario someterlas a un tratamiento previo, de forma que se favorezca la adherencia.

En primer lugar, es necesario eliminar los restos de pintura, ceras o adhesivos que pudieran existir.



Figura 123 – Lijado. Fuente: CESVIMAP

Seguidamente se lijan las superficies a unir, usando un grano P80 o P100, solamente donde sea necesario, en las piezas que tienen la cataforesis de origen no es necesario porque tiene muy buena adherencia.

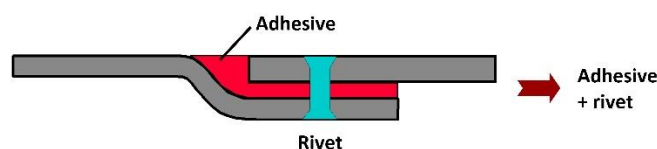


Figura 124 –Unión híbrida y solapada. Fuente: CESVIMAP

El diseño de la junta depende de la geometría de la pieza, en carrocería la junta más usual es a solape, que puede realizarse con solapador manual o neumática.

Una vez lijada la superficie se desengrasa con disolventes específicos o acetona.

204



Figura 125 – Desengrasar. Fuente: CESVISMAP

Dependiendo de instrucciones fabricante del adhesivo se realizará un tratamiento de las superficies, cuando se recomienda aplicar imprimación se aplica una fina capa en la carrocería y el recambio, en los casos que no bastará con la limpieza.



Figura 126 – Aplicación del Tratamiento de Superficies. Fuente: CESVISMAP

Las piezas de recambio nuevo no es necesario tratarlas, pues el pegamento adhiere de forma óptima sobre la superficie, únicamente es necesario limpiar la superficie y aplicar imprimación se lo recomienda el fabricante del adhesivo.



Figura 127 – Aplicación. Fuente: CESVISMAP

La aplicación se debe realizar con un cordón de adhesivo de 3,5 mm para extenderlo por toda la junta con una espátula o brocha para garantizar la protección anticorrosiva, fijando las piezas en un intervalo de tiempo máximo de 30 minutos. Si el pegamento fluye por la unión de toda su longitud significa que el pegamento usado es suficiente, de cualquier forma, es necesario retirar el sobrante.



Figura 128 – Sujeción. Fuente: CESVISMAP

La pieza se debe sujetar inmovilizada hasta que el adhesivo se endurezca completamente; en la zona de una junta de solape, se utilizan tornillos y pernos, se utilizan abrazaderas de presión para permitir la colocación de remaches ciegos.



Figuras 129, 130 y 131 – Aplicación. Fuente: CESVISMAP

En el pase de rueda se pliega la pestaña antes que endurezca el adhesivo.

206



Figure 132 – Folding. Source: CESVIMAP

El tiempo de endurecimiento del adhesivo oscila entre 8 /12 horas variando en función del fabricante y de la temperatura ambiente, también se puede acelerar el proceso mediante la aplicación de calor. Una vez seco el adhesivo se lija la unión eliminando el sobrante de adhesivo y donde sea necesario se aplica una masilla de acabado.

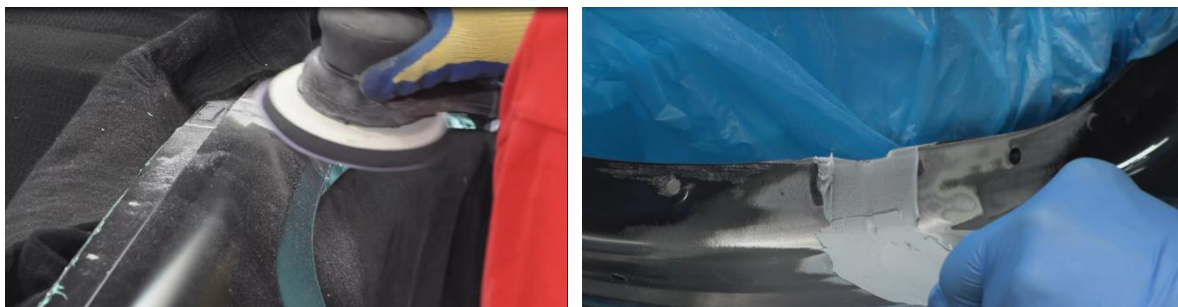


Figura 133 – Lijado. Fuente: CESVIMAP

El lijado final deja la carrocería lista para su pintado del vehículo.



Figura 134 – Después del lijado. Después de pintar. Fuente: CESVIMAP

Eliminación de uniones adhesivas

El método general consiste en cortar el pegamento con cuchillas o por medio de espátulas. Algunos adhesivos se reblandecen por la aplicación de calor, con lo que la operación antes mencionada se simplifica al hacerse menos resistente la unión.

2.4.4 Seguridad e Higiene y Seguridad ambiental

Los principales riesgos que un operador puede encontrar en la aplicación de adhesivos se deben, básicamente, a contaminantes de tipo químico, relacionados directamente con los productos utilizados. Pueden presentarse bien en forma de gases y vapores o bien en forma de líquidos, siendo sus principales vías de entrada al organismo la respiratoria y la piel.

Determinados productos empleados como agentes de curado de las resinas epoxy contienen amins alifáticas, que causan irritación en la piel, ojos y vías respiratorias, pudiendo llegar a causar asma.

Los poliuretanos están compuestos, en una gran proporción, por isocianatos, que causan sensibilización de las mucosas y, en menor magnitud, irritación cutánea y sensibilización de la piel.

La volatilidad de determinados isocianatos se incrementa con la reacción de polimerización.

- Aplicar los productos en locales dotados de buena ventilación.
- No efectuar las reparaciones cerca de llamas o cuerpos incandescentes, pues determinados productos son inflamables.
- No fumar durante las aplicaciones.
- Evitar el contacto de los productos con la piel y los ojos; para ello, se emplearán gafas de seguridad y guantes apropiados.

- Habrán de protegerse las vías respiratorias de la inhalación de vapores o gases, empleando mascarillas adecuadas a cada caso.

Las medidas de protección y seguridad que han de emplearse en la sustitución de lunas son:

- Ha de evitarse el riesgo de cortes con el cristal o con las herramientas utilizando guantes de trabajo.
- El tratamiento de los residuos debe cumplir con la normativa establecida en cada país y seguir las recomendaciones del fabricante del adhesivo.

Control de calidad de las uniones adhesivas

La calidad de las uniones adhesivas queda establecida por las normas (EN-UNE, ASTM, ISO y Normas internas de los fabricantes de los adhesivos). Estas normas son acuerdos documentados, contienen especificaciones técnicas que se utilizan como reglas para crear líneas de actuación, definición de características, asegurar que se ajusta al propósito y estándares.

Esta normativa realiza ensayos mecánicos con el fin de obtener datos para el diseño, comparar u optimizar las uniones, la geometría de la unión, el tratamiento superficial, el curado, el procesado, la formulación de los adhesivos, etc. Medir el modo de carga: pelado, cizallamiento, etc., la forma de la carga: impacto, fluencia, fatiga, etc., las condiciones de servicio: temperatura, humedad, etc.

4ª Formación Práctica

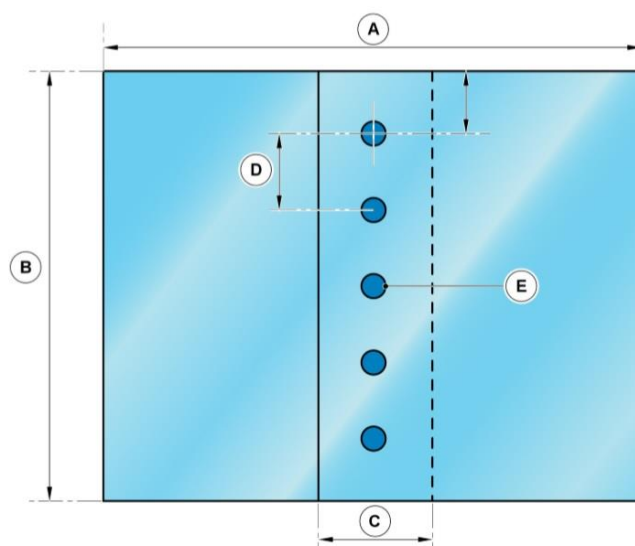
209

UNIONES HÍBRIDAS DE ACERO-ACERO: SOLDADURA POR PUNTOS + ADHESIVO ESTRUCTURAL. En la pieza de ensayo.

(3 horas)



Figura 135 – Adhesivo structural. Fuente: CESVIMAP



Item	Description	Item	Description
A	Overall length - 115mm (4.5 inches)	B	Width - 180mm (7.0 inches)
C	Overlap - 35mm (1.3 inches)	D	Pitch - 30mm (1.1 inches)
E	Resistance spot weld		

Figura 136 – Pieza de ensayo. Fuente: CESVIMAP



Figura 137 – Mordazas autoblocantes. Fuente: CESVIMAP

Consumibles

- ✓ Kit de adhesivo estructural.
- ✓ 2 planchas de acero dulce de 75 x 180 x 0,9 mm.
- ✓ Limpiador de superficies recomendado por el fabricante del adhesivo estructural.
- ✓ Papel desechable para limpiar superficies.
- ✓ Cinta de enmascarar o de carroceros.

Herramientas

- ✓ Pistola de aplicación de adhesivo.
- ✓ Mordazas autoblocantes.
- ✓ Máquina de soldadura de puntos de resistencia.

Seguridad e Higiene

- ✓ Usar: ropa de trabajo, guantes de goma o de plástico impermeables, gafas.

Deben tomarse medidas para evitar que los materiales no curados entren en contacto con la piel, ya que las personas con pieles especialmente sensibles pueden verse afectadas.

El uso de guantes de goma o de plástico impermeables será necesario. Asimismo, el uso de protección para los ojos.

La piel se debe limpiar con agua tibia y jabón al final de cada periodo de trabajo. Evitar el uso de disolventes sobre la piel.

Debe utilizarse papel desechable y no toallas de tela para el secado de la piel.

Se recomienda una ventilación adecuada del lugar de trabajo.

Proceso de trabajo**Preparar la pieza de ensayo**

Realizar la probeta según el plan que se indica.

Ficha de seguridad del adhesivo estructural

Leer la ficha de seguridad del producto y anotar el equipamiento de seguridad que debe llevar el aplicador.

Ficha técnica del producto

Leer la ficha técnica del adhesivo estructural y anotar el procedimiento de aplicación y los tiempos de manipulación y secado.

Comprobar la fecha de caducidad del producto

Comprobar la fecha de caducidad del producto y desechar si ha sido sobrepasada.

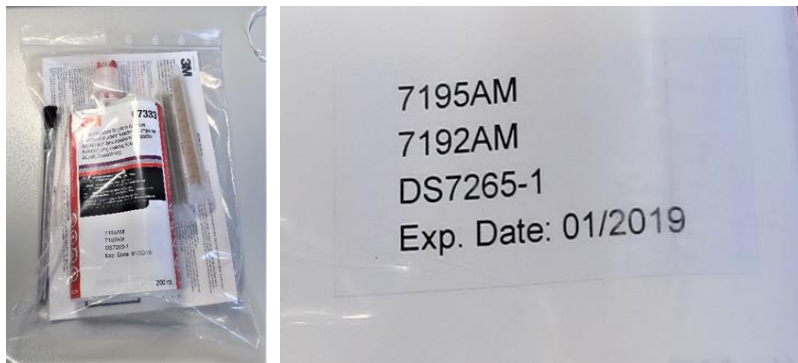


Figura 138 – Fecha de caducidad. Fuente: CESVIMAP

Cordón de prueba

Se debe realizar un cordón de prueba una vez que el producto se haya preparado adecuadamente según las instrucciones de uso del fabricante. El cordón de prueba debe tener aproximadamente 300 mm de largo. Hay que colocarlo sobre un sustrato desechable y dejarlo secar en condiciones similares a las de la reparación real. Una vez que se ha completado el ciclo de secado indicado (15 minutos a una temperatura de 80°C o a temperatura ambiente durante 24 horas), el técnico de carrocerías podrá observar el color del cordón y llevar a cabo una prueba de tacto para asegurarse de que el producto se ha secado y es firme.

Pretratamiento - Preparación del sustrato

Las superficies a unir deberían limpiarse previamente con un buen agente desengrasante, especialmente el aconsejado en la ficha del fabricante, con la finalidad de eliminar cualquier traza de aceite, de grasa o de suciedad. Nunca deben

usarse alcoholes de baja graduación, gasolinas o disolventes para pinturas como agentes desengrasantes.

Las uniones más resistentes se obtienen después de someter las superficies ya desengrasadas a tratamientos de abrasión mecánica o de decapado químico. Un tratamiento de abrasión mecánica implicaría un nuevo proceso de desengrasado con posterioridad a dicho tratamiento.

Aplicación del adhesivo

La mezcla de resina y endurecedor debe aplicarse directamente o con una espátula sobre las superficies secas y pre-tratadas.

Una capa de adhesivo con un grosor de 1 mm en cada cara a unir, proporcionará la máxima resistencia mecánica de la unión. Las superficies a unir deben posicionarse en una posición fija y definitiva una vez se haya aplicado el adhesivo.

Colocar dos mordazas de presión, una a cada lado de la unión, durante todo el proceso de secado.

Realización de los puntos de soldadura por resistencia

Siguiendo las medidas de la probeta, realizar los puntos de soldadura por resistencia

Mantenimiento de las herramientas

Todas las herramientas pueden limpiarse con agua caliente y jabón antes de que los residuos del adhesivo hayan curado. La eliminación de residuos de adhesivo ya curados es difícil y conlleva tiempo. Si se usan disolventes como la acetona para la limpieza, deben tomarse las medidas de protección necesarias y evitar el contacto con los ojos y con la piel.

5ª Formación Práctica

213

Uniones HÍBRIDAS Aluminio-Aluminio: ADHESIVO ESTRUCTURAL + REMACHADO (AUTOPERFORANTE – ROTURA DEL VÁSTAGO) En pieza de ensayo.

(2 horas)

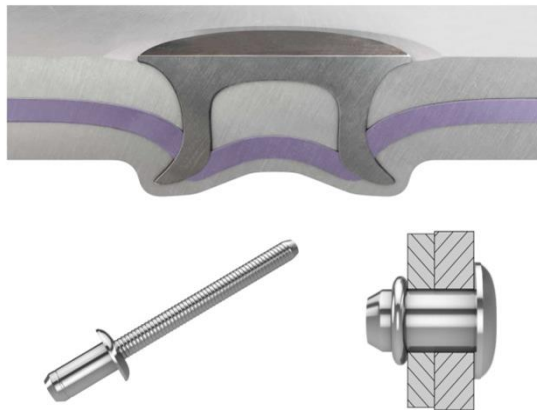
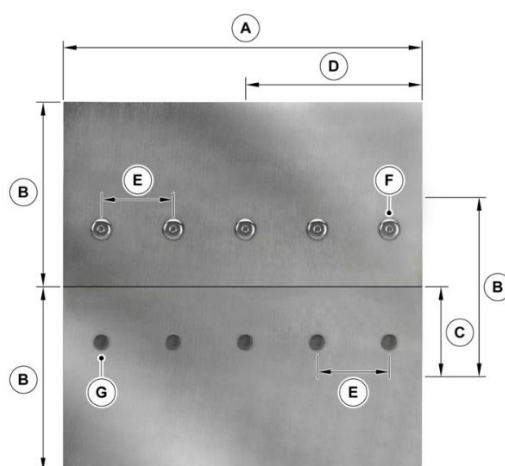


Figura 139 - Remache ciego y rotura de vástago. Fuente: CESVIMAP



Figura 140 – Adhesivo estructural. Fuente: CESVIMAP



Item	Description
A	150mm (6.0 inches)
B	75mm (3.0 inches)
C	37.5mm (1.4 inches)
D	75mm (3.0 inches)
E	30mm (1.1 inches)
F	Breakstem Fasteners
G	Self Piercing Rivets (SPR)

Figura 141 y Tabla 20 – Pieza de ensayo. Fuente: CESVIMAP



Figura 142 – Mordaza autoblocante. Fuente: CESVIMAP



Figura 143 – Remachadoras para remaches con rotura de vástago. Fuente: CESVIMAP



Figura 144 – Remachadora para remaches auto perforantes. Fuente: CESVIMAP

Consumibles
✓ Kit de adhesivo estructural.
✓ 3 planchas de aluminio de 100 x 75 x 1 mm.
✓ Limpiador de superficies recomendado por el fabricante del adhesivo estructural.
✓ Papel desechable para limpiar superficies.
✓ Cinta de enmascarar o de carroceros.
Herramientas
✓ Pistola de aplicación de adhesivo.
✓ Taladradora y broca de 6,5 mm.
✓ Remachadora de remache auto perforante. Remaches.

- ✓ Remachadora de remache de rotura de vastago. Remaches de 6 mm de diámetro.

- ✓ Mordazas autoblocantes.

Seguridad e Higiene

- ✓ Usar: ropa de trabajo, guantes de de goma o de plástico impermeables, gafas.

Deben tomarse medidas para evitar que los materiales no curados entren en contacto con la piel, ya que las personas con pieles especialmente sensibles pueden verse afectadas.

El uso de guantes de goma o de plástico impermeables será normalmente necesario. Asimismo, el uso de protección para los ojos.

La piel se debe limpiar con agua tibia y jabón al final de cada periodo de trabajo. Evitar el uso de disolventes sobre la piel.

Debe utilizarse papel desechable y no toallas de ropa para el secado de la piel.

Se recomienda una ventilación adecuada del lugar de trabajo.

Proceso de trabajo

Preparar la pieza de ensayo

Realizar la probeta según el plan que se indica.

Ficha de seguridad del adhesivo estructural

Leer la ficha de seguridad del producto y anotar el equipamiento de seguridad que debe llevar el aplicador.

Ficha técnica del producto

Leer la ficha técnica del adhesivo estructural y anotar el procedimiento de aplicación y los tiempos de manipulación y secado.

Comprobar la fecha de caducidad del producto

Comprobar la fecha de caducidad del producto y desechar si ha sido sobrepasada.

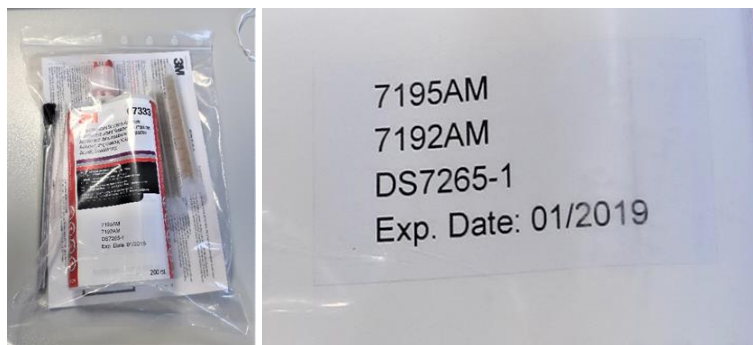


Figura 145 – Fecha de caducidad. Fuente: CESVIMAP

Cordón de prueba

Se debe realizar un cordón de prueba una vez que el producto se haya preparado adecuadamente según las instrucciones de uso del fabricante. El cordón de prueba debe tener aproximadamente 300 mm de largo. Hay que colocarlo sobre un sustrato desechable y dejarlo secar en condiciones similares a las de la reparación real. Una vez que se ha completado el ciclo de secado indicado (15 minutos a una temperatura de 80°C o a temperatura ambiente durante 24 horas), el técnico de carrocerías podrá observar el color del cordón y llevar a cabo una prueba de tacto para asegurarse de que el producto se ha secado y es firme.

Pretratamiento – Preparación del sustrato

Las superficies a unir deberían limpiarse previamente con un buen agente desengrasante especialmente el aconsejado en la ficha del fabricante, con la finalidad de eliminar cualquier traza de aceite, de grasa o de suciedad. Nunca deben usarse alcoholes de baja graduación, gasolinas o disolventes para pinturas como agentes desengrasantes.

Las uniones más resistentes se obtienen después de someter las superficies ya desengrasadas a tratamientos de abrasión mecánica o de decapado químico. Un tratamiento de abrasión mecánica implicaría un nuevo proceso de desengrasado con posterioridad a dicho tratamiento.

Aplicación del adhesivo

La mezcla de resina y endurecedor debe aplicarse directamente o con una espátula sobre las superficies secas y pre-tratadas.

Una capa de adhesivo con un grosor de 1 mm en cada cara a unir, proporcionará la máxima resistencia mecánica de la unión. Las superficies a unir deben posicionarse en una posición fija y definitiva una vez se haya aplicado el adhesivo.

Colocar dos mordazas de presión, una a cada lado de la unión, durante todo el proceso de secado.

Realización de los remaches de rotura de vastago

Realizar los remaches según el plano de la probeta.

Realización de los remaches autoperforantes

Realizar los remaches según el plano de la probeta.

Mantenimiento de las herramientas

Todas las herramientas pueden limpiarse con agua caliente y jabón antes de que los residuos del adhesivo hayan curado. La eliminación de residuos de adhesivo ya curados es difícil y conlleva tiempo. Si se usan disolventes como la acetona para la limpieza, deben tomarse las medidas de protección necesarias y evitar el contacto con los ojos y con la piel.

6ª Formación Práctica

Sustitución de un elemento estético de una carrocería de aluminio – techo
(Sustrato: aluminio - aluminio) mediante adhesivo estructural y remachado.

(6 horas)



Figura 146 - EJEMPLO: techo de aluminio. Fuente: CESVIMAP

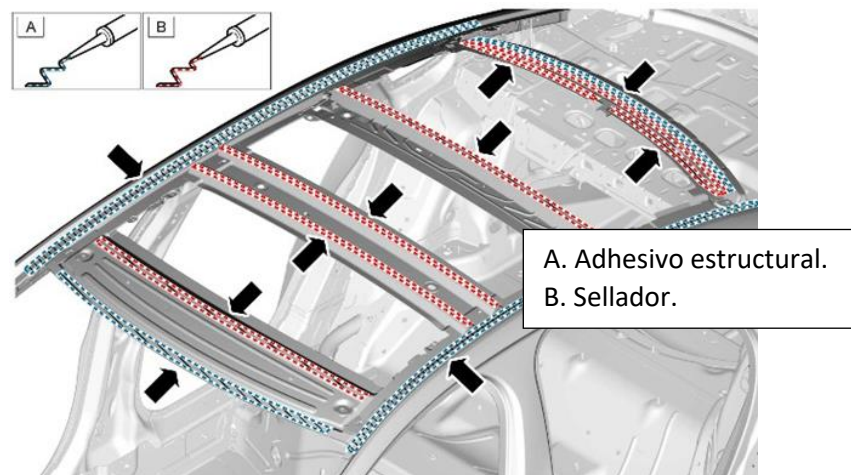


Figura 147 - Zonas de aplicación de adhesivo en la unión del techo. Fuente: CESVIMAP

Consumibles principales

Carrocería de aluminio

Techo de recambio de la carrocería anterior.

Seguridad y salud

✓ Usar: ropa de trabajo, guantes de goma o de plástico impermeables, gafas.

Deben tomarse medidas para evitar que los materiales no curados entren en contacto con la piel, ya que las personas con pieles especialmente sensibles pueden verse afectadas.

El uso de guantes de goma o de plástico impermeables será normalmente necesario. Asimismo, el uso de protección para los ojos.

La piel se debe limpiar con agua tibia y jabón al final de cada periodo de trabajo. Evitar el uso de disolventes sobre la piel.

Debe utilizarse papel desechable y no toallas de ropa para el secado de la piel.

Se recomienda una ventilación adecuada del lugar de trabajo.

Proceso de trabajo

Ficha de seguridad del adhesivo estructural

Leer la ficha de seguridad del producto y anotar el equipamiento de seguridad que debe llevar el aplicador.

Ficha técnica del producto

Leer la ficha técnica del adhesivo estructural y anotar el procedimiento de aplicación y los tiempos de manipulación y secado.

Comprobar la fecha de caducidad del producto

Comprobar la fecha de caducidad del producto y desechar si ha sido sobrepasada.

Cordón de prueba

Se debe realizar un cordón de prueba una vez que el producto se haya preparado adecuadamente según las instrucciones de uso del fabricante. El cordón de prueba

debe tener aproximadamente 300 mm de largo. Hay que colocarlo sobre un sustrato desechable y dejarlo secar en condiciones similares a las de la reparación real. Una vez que se ha completado el ciclo de secado indicado (15 minutos a una temperatura de 80°C o a temperatura ambiente durante 24 horas), el técnico de carrocerías podrá observar el color del cordón y llevar a cabo una prueba de tacto para asegurarse de que el producto se ha secado y es firme.

Manual de taller – Procedimiento de sustitución del techo

Leer el manual de taller en el que se indica el procedimiento de sustitución del techo de aluminio en una carrocería de aluminio y obtener la siguiente información:

- Obtener el utillaje y herramientas necesarias para realizar el proceso.
- Obtener los consumibles necesarios para realizar el proceso.

Manual de taller – Realizar el procedimiento de sustitución que se indica

Seguir paso a paso el procedimiento de sustitución del techo de aluminio en una carrocería de aluminio.

Mantenimiento de herramientas

Todas las herramientas pueden limpiarse con agua caliente y jabón antes de que los residuos del adhesivo hayan curado. La eliminación de residuos de adhesivo ya curados es difícil y conlleva tiempo. Si se usan disolventes como la acetona para la limpieza, deben tomarse las medidas de protección necesarias y evitar el contacto con los ojos y con la piel.

7ª Formación Práctica

Sustitución de un elemento estético de una carrocería de aluminio – ALETA TRASERA (Sustrato: aluminio - aluminio) mediante adhesivo estructural y remachado.

(9 horas)

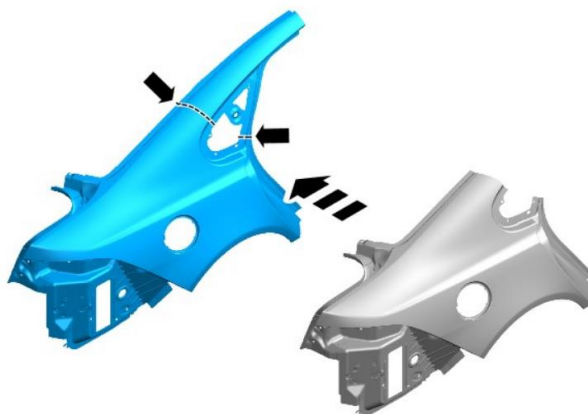


Figura 148 - EJEMPLO: Aleta trasera de aluminio. Fuente: CESVIMAP

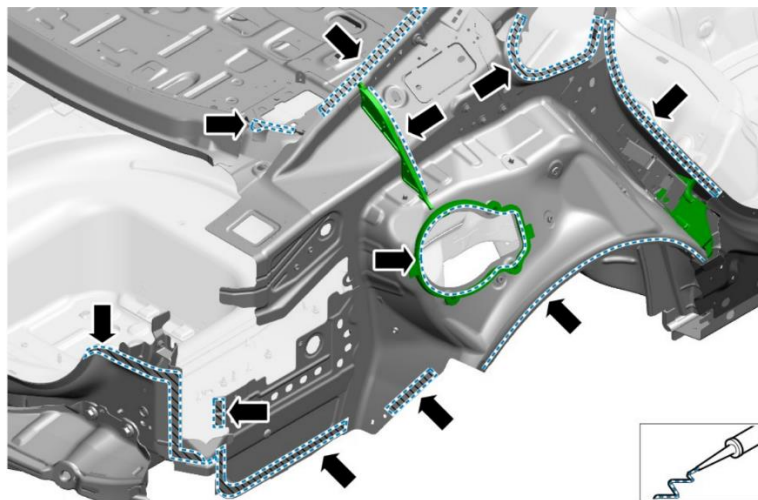


Figura 149 - Zonas de aplicación de adhesivo en la unión. Fuente: CESVIMAP

Consumibles principales

Carrocería de aluminio

Aleta trasera de recambio de la carrocería anterior

Seguridad e Higiene

Usar: ropa de trabajo, guantes de goma o de plástico impermeables, gafas.

Deben tomarse medidas para evitar que los materiales no curados entren en contacto con la piel, ya que las personas con pieles especialmente sensibles pueden verse afectadas.

El uso de guantes de goma o de plástico impermeables será normalmente necesario. Asimismo, el uso de protección para los ojos.

La piel se debe limpiar con agua tibia y jabón al final de cada periodo de trabajo. Evitar el uso de disolventes sobre la piel.

Debe utilizarse papel desechable y no toallas de ropa para el secado de la piel.

Se recomienda una ventilación adecuada del lugar de trabajo.

Proceso de trabajo

Ficha de seguridad del adhesivo estructural

Leer la ficha de seguridad del producto y anotar el equipamiento de seguridad que debe llevar el aplicador.

Ficha técnica del producto

Leer la ficha técnica del adhesivo estructural y anotar el procedimiento de aplicación y los tiempos de manipulación y secado.

Comprobar la fecha de caducidad del producto

Comprobar la fecha de caducidad del producto y desechar si ha sido sobrepasada.

Cordón de prueba

Se debe realizar un cordón de prueba una vez que el producto se haya preparado adecuadamente según las instrucciones de uso del fabricante. El cordón de prueba

debe tener aproximadamente 300 mm de largo. Hay que colocarlo sobre un sustrato desechable y dejarlo secar en condiciones similares a las de la reparación real. Una vez que se ha completado el ciclo de secado indicado (15 minutos a una temperatura de 80°C o a temperatura ambiente durante 24 horas), el técnico de carrocerías podrá observar el color del cordón y llevar a cabo una prueba de tacto para asegurarse de que el producto se ha secado y es firme.

Manual de taller – Procedimiento de sustitución de la aleta trasera

Leer el manual de taller en el que se indica el procedimiento de sustitución de la aleta trasera de aluminio en una carrocería de aluminio y obtener la siguiente información:

Obtener el utillaje y herramientas necesarias para realizar el proceso.

Obtener los consumibles necesarios para realizar el proceso.

Manual de taller – Realizar el procedimiento de sustitución que se indica

Seguir paso a paso el procedimiento de sustitución de la aleta trasera de aluminio en una carrocería de aluminio.

Mantenimiento de las herramientas

Todas las herramientas pueden limpiarse con agua caliente y jabón antes de que los residuos del adhesivo hayan curado. La eliminación de residuos de adhesivo ya curados es difícil y conlleva tiempo. Si se usan disolventes para la limpieza, deben tomarse las medidas de protección necesarias y evitar el contacto con los ojos y con la piel.

8ª Formación Práctica

222

Sustitución de elemento ESTRUCTURAL de una carrocería de aluminio – REFUERZO DE PILAR –B- (Sustrato: aluminio-aluminio) mediante adhesivo estructural y remachado.

(5 horas)



Figura 150 - EJEMPLO: -B- pilar de refuerzo. Fuente: CESVIMAP

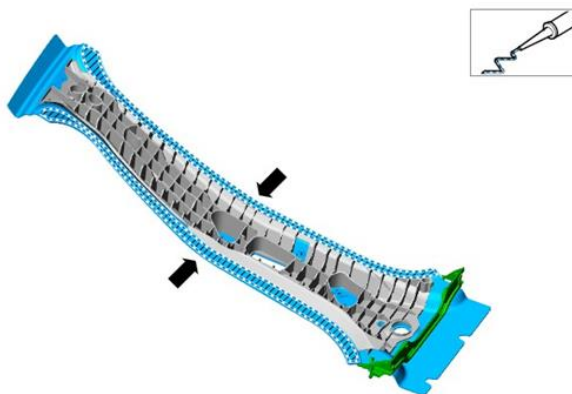


Figura 151 - Zonas de aplicación de adhesivo en la unión. Fuente: CESVIMAP

Consumibles principales

Carrocería de aluminio.

Refuerzo de pilar –B- de recambio correspondiente a la carrocería anterior.

Seguridad e Higiene

Usar: ropa de trabajo, guantes de goma o de plástico impermeables, gafas.

Deben tomarse medidas para evitar que los materiales no curados entren en contacto con la piel, ya que las personas con pieles especialmente sensibles pueden verse afectadas.

El uso de guantes de goma o de plástico impermeables será normalmente necesario. Asimismo, el uso de protección para los ojos.

La piel se debe limpiar con agua tibia y jabón al final de cada periodo de trabajo. Evitar el uso de disolventes sobre la piel.

Debe utilizarse papel desechable y no toallas de ropa para el secado de la piel.

Se recomienda una ventilación adecuada del lugar de trabajo.

Proceso de trabajo

Ficha de seguridad del adhesivo estructural

Leer la ficha de seguridad del producto y anotar el equipamiento de seguridad que debe llevar el aplicador.

Ficha técnica del producto

Leer la ficha técnica del adhesivo estructural y anotar el procedimiento de aplicación y los tiempos de manipulación y secado.

Comprobar la fecha de caducidad del producto

Comprobar la fecha de caducidad del producto y desechar si ha sido sobrepasada.

Cordón de prueba

Se debe realizar un cordón de prueba una vez que el producto se haya preparado adecuadamente según las instrucciones de uso del fabricante. El cordón de prueba debe tener aproximadamente 300 mm de largo. Hay que colocarlo sobre un sustrato

desechable y dejarlo secar en condiciones similares a las de la reparación real. Una vez que se ha completado el ciclo de secado indicado (15 minutos a una temperatura de 80°C o a temperatura ambiente durante 24 horas), el técnico de carrocerías podrá observar el color del cordón y llevar a cabo una prueba de tacto para asegurarse de que el producto se ha secado y es firme.

Manual de taller – Procedimiento de sustitución de la aleta trasera

Leer el manual de taller en el que se indica el procedimiento de sustitución de la aleta trasera de aluminio en una carrocería de aluminio y obtener la siguiente información:

Obtener el utillaje y herramientas necesarias para realizar el proceso.

Obtener los consumibles necesarios para realizar el proceso.

Manual de taller – Realizar el procedimiento de sustitución que se indica

Seguir paso a paso el procedimiento de sustitución del refuerzo del pilar –B– de aluminio en una carrocería de aluminio.

Mantenimiento de las herramientas

Todas las herramientas pueden limpiarse con agua caliente y jabón antes de que los residuos del adhesivo hayan curado. La eliminación de residuos de adhesivo ya curados es difícil y conlleva tiempo. Si se usan disolventes como la acetona para la limpieza, deben tomarse las medidas de protección necesarias y evitar el contacto con los ojos y con la piel.

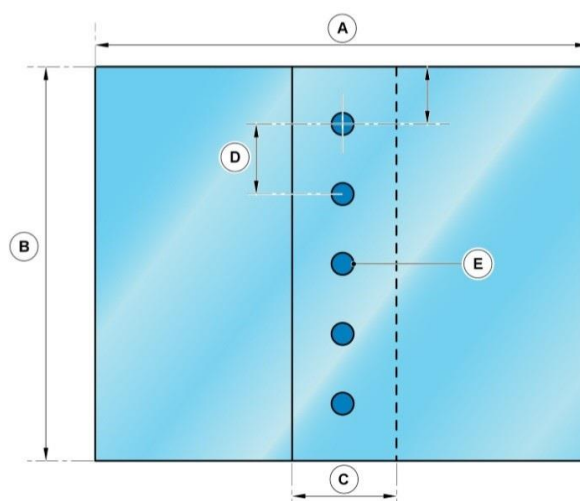
9ª Formación Práctica

225

Soldadura de puntos por resistencia en acero-acero a través de un adhesivo en piezas de ensayo

(3 horas)

Su formación práctica consistirá en realizar soldaduras por puntos de resistencia en dos chapas de acero superpuestas (Figura 128). El material debe ser dos veces mayor que el de las chapas de acero de una sola lámina de 0,6 a 1,5 mm de espesor, las chapas pueden ser sin recubrimiento o con recubrimiento de zinc. Se aplicará un adhesivo epoxi soldable entre las chapas y se realizarán pruebas de soldadura por puntos a través del adhesivo.



Elemento	Descripción	Elemento	Descripción
A	Longitud total - 120mm (4.5 pulgadas)	B	Ancho – 180mm (7.0 pulgadas)
C	Solapamiento - 20mm (1.3 pulgadas)	D	Distancia entre puntos soldados – 30 mm (1.1 pulgadas)
E	Punto de soldadura		

Figura 152 and tabla 21 – Pieza de ensayo. Fuente: CESVIMAP



Figura 153 – Adhesivo estructural. Fuente: CESVIMAP



Figura 154 – Mordazas autoblocantes. Fuente: CESVIMAP



Figura 155 - Alicates y pinzas. Fuente: CESVIMAP



Figura 156 – Calibre de Vernier. Fuente: CESVIMAP

Consumibles

Kit de adhesivo estructural.

10 planchas de acero de 70 x 180 x 0.9 mm.

Limpiador de superficies recomendado por el fabricante del adhesivo estructural

Papel desechable para limpiar superficies.

Cinta adhesiva o cinta de chapista.

Herramientas

- ✓ Pistola para aplicar el adhesivo.
- ✓ Mordazas autoblocantes.
- ✓ Máquina de soldadura de puntos por resistencia.
- ✓ Alicates y pinzas.
- ✓ Calibre de Vernier.

Seguridad e Higiene

Uso: ropa de trabajo, guantes de goma o de plástico impermeable, gafas protectoras.

Se deben tomar medidas para evitar que los materiales que no están curados entren en contacto con la piel, ya que las personas con pieles especialmente sensibles pueden verse afectadas.

Será necesario el uso de guantes de goma o de plástico impermeable, así como el uso de protección para los ojos.

La piel debe limpiarse con agua tibia y jabón al final de cada período de trabajo. Evitar el uso de disolventes en la piel.

Se debe usar papel desechable, y no toallas de tela, para secar la piel.

Se recomienda una ventilación adecuada del lugar de trabajo.

Proceso de trabajo

Preparar la pieza de ensayo

Preparar la pieza de ensayo de acuerdo con el plan indicado

Especificaciones de seguridad del adhesivo estructural

Lea las especificaciones de seguridad del producto y compruebe el kit de seguridad que la persona que aplica el producto debe llevar puesto.

Ficha técnica del producto

Lea las especificaciones técnicas del adhesivo estructural y observe el procedimiento de aplicación y los tiempos de manipulación y secado.

Compruebe la fecha de caducidad del producto

Compruebe la fecha de caducidad del producto y deséchelo si está vencido.

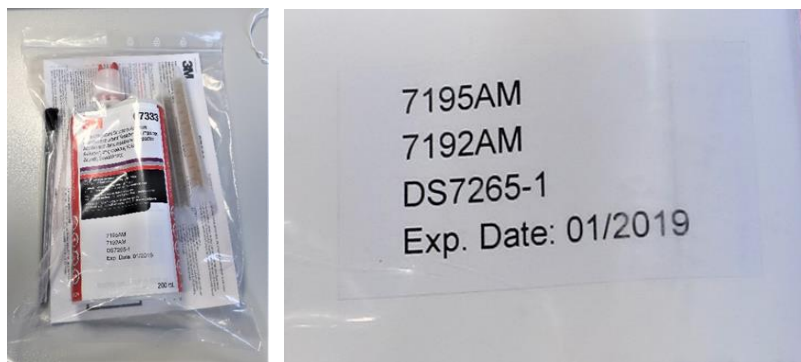


Figura 157 – Fecha de caducidad. Fuente: CESVIMAP

Cordón de prueba

Una vez que el producto haya sido preparado adecuadamente de acuerdo con las instrucciones de uso del fabricante, se debe realizar una prueba. El cordón de prueba debe tener una longitud aproximada de 300 mm. Debe colocarse sobre un sustrato desechable y dejarse secar en condiciones similares a las de la reparación real. Una vez finalizado el ciclo de secado indicado (15 minutos a una temperatura de 80°C o a temperatura ambiente durante 24 horas), el técnico de la carrocería podrá observar el color del cordón y realizar una prueba de tacto para comprobar que el producto se ha secado y es firme.

Pretratamiento - Preparación del sustrato

Las superficies a unir deben limpiarse previamente con un buen desengrasante, en particular el recomendado en las especificaciones del fabricante, para eliminar cualquier rastro de aceite, grasa o suciedad. Los alcoholes de bajo grado, la gasolina o los disolventes de pintura nunca deben utilizarse como agentes desengrasantes.

Las uniones más fuertes se obtienen después de someter las superficies, ya desengrasadas, a tratamientos mecánicos de abrasión o a tratamientos químicos de decapado. Un tratamiento mecánico de abrasión implicaría un nuevo proceso de desengrase después de este tratamiento.

Preparación de las chapas y sujeción

Coloque las planchas en una configuración en la que una se superponga a la otra con un ancho de borde de 35 mm, como se muestra en la figura.

Sujete las chapas en posición en ambos lados con las mordazas autoblocantes.

Aplicación del adhesivo

La mezcla de resina y endurecedor debe aplicarse directamente o con una espátula sobre las superficies secas y pretratadas.

Una capa de adhesivo con un espesor de 1 mm en cada superficie a unir, proporcionará la máxima resistencia mecánica a la unión. Las superficies a unir deben colocarse en una posición fija y definitiva una vez aplicado el adhesivo.

Colocar dos mordazas de presión, una a cada lado de la unión, durante todo el proceso de secado.

Configuración del programa de soldadura de puntos por resistencia

Después de las mediciones de la pieza de prueba, realice la soldadura de puntos por resistencia.

Seleccione los parámetros de soldeo de acuerdo con una instrucción o norma, seleccione inicialmente un valor de corriente bajo o un porcentaje de calor.

Coloque la pieza de ensayo entre los electrodos y realice la primera soldadura.

Si se produce una salpicadura (expulsión de metal líquido), reduzca la corriente de soldeo (o el porcentaje de calor) en aproximadamente un 10% del valor inicial.

Realización del ensayo de soldadura por puntos (Parte A)

Registre todos los parámetros en una hoja de ensayo, como se muestra a continuación:

1. Colocar la probeta entre los electrodos y realizar la primera soldadura (La distancia (paso) entre las siguientes soldaduras debe ser de 30 mm).
2. Si se produce una salpicadura (expulsión de metal líquido), reducir la corriente de soldeo (o el porcentaje de calor) en aproximadamente un 50% del valor inicial.
3. Si la soldadura se realiza sin salpicaduras, aumente la corriente en pequeños pasos (0,2kA o + 2,5% de calor).
4. Continúe aumentando la corriente en pequeños pasos y soldando las piezas de prueba hasta que se produzcan salpicaduras.
5. Al final de la prueba, sujete un lado de la probeta con una mordaza y abra el otro lado con unos alicates o unas pinzas.
6. Mida el tamaño de la soldadura por puntos con un calibrador de Vernier, como se muestra en la figura.
7. Registrar el diámetro más grande y más pequeño del área de soldadura y calcular el promedio; registrar los datos en la hoja de ensayo.
8. Compruebe si el requisito de tamaño mínimo de soldadura puede cumplirse en una condición de soldeo estable antes de que aparezcan salpicaduras (se produjo una expulsión de metal líquido).
9. Al final de la soldadura, compruebe el estado del electrodo para ver si hay contaminación por adhesivo (o desgaste excesivo como resultado del recubrimiento de zinc, si se ha utilizado acero recubierto). Si es necesario, reparar la superficie del electrodo con una herramienta de rectificado de puntas, o sustituir el electrodo por uno nuevo.

Repetición del ensayo de soldadura por puntos (Parte B - Aumento de la fuerza y del tiempo de soldadura)

En la Parte A, se definió una ventana de proceso de soldadura por puntos para un conjunto fijo de parámetros.

En la parte B, los parámetros de soldadura por puntos se modificarán seleccionando un tiempo de soldeo del 200% del tiempo utilizado en la parte A y una fuerza de soldeo (presión) del 200% de la fuerza utilizada en la parte A.

1. Colocar la probeta entre los electrodos y realizar la primera soldadura (La distancia (paso) entre las siguientes soldaduras debe ser de 30 mm).
2. Si se produce una salpicadura (expulsión de metal líquido), reducir la corriente de soldeo (o el porcentaje de calor) en aproximadamente un 50% del valor inicial.
3. Si la soldadura se realiza sin salpicaduras, aumente la corriente en pequeños pasos (0,2kA o + 2,5% de calor).
4. Continúe aumentando la corriente en pequeños pasos y soldando las piezas de prueba hasta que se produzcan salpicaduras.
5. Al final del ensayo, sujete un lado de la probeta con una mordaza y abra el otro lado con unos alicates o unas pinzas.
6. Mida el tamaño de la soldadura por puntos con un calibre de Vernier, como se muestra en la figura.
7. Registrar el diámetro más grande y más pequeño del área de soldadura y calcular el promedio; registrar los datos en la hoja de ensayo.
8. Compruebe si el requisito de tamaño mínimo de soldadura puede cumplirse en una condición de soldeo estable antes de que aparezcan salpicaduras (se produjo una expulsión de metal líquido).
9. Compare los resultados con el ensayo de la Parte A para ver la influencia del aumento del tiempo y la fuerza de soldeo en el proceso.
10. Al final del soldeo, compruebe el estado del electrodo para ver si hay contaminación por adhesivo (o desgaste excesivo como resultado del recubrimiento de zinc, si se ha utilizado acero recubierto). Si es necesario, reparar la superficie del electrodo con una herramienta de rectificado de puntas, o sustituir el electrodo por uno nuevo.

Mantenimiento de las herramientas

Todas las herramientas se pueden limpiar con agua caliente y jabón antes de que los restos de adhesivo se hayan curado. La eliminación de los residuos de adhesivo, una vez curados, es difícil y lleva tiempo. Si se utilizan disolventes como la acetona para la limpieza, se deben tomar las medidas de protección necesarias y se debe evitar el contacto con los ojos y la piel.

10ª Formación Práctica

231

Remache ciego en una unión de aluminio-aluminio a través de un adhesivo, utilizando una pieza de prueba plana

(2 horas)

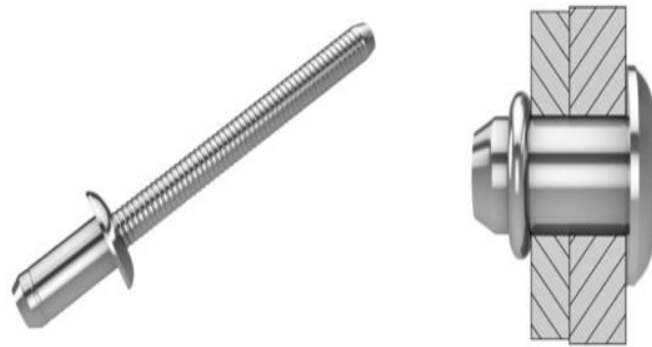


Figura 158 – Remache ciego. Fuente: CESVIMAP



Figura 159 -Adhesivo estructural. Fuente: CESVIMAP

Descripción	
Elemento	
A	150 mm (6.0 pulgadas)
B	75 mm (3.0 pulgadas)
C	37.5 mm (1.4 pulgadas)
D	75 mm (3.0 pulgadas)
E	30 mm (1.1 pulgadas)
F	Remache ciego

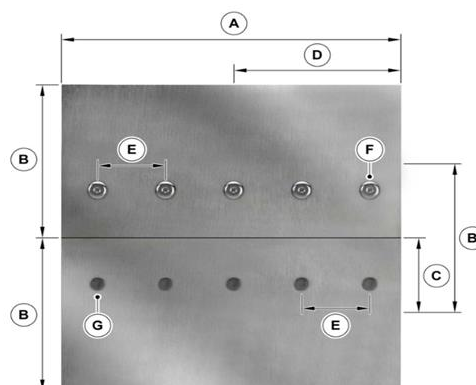


Figura 160 y Tabla 22 -Pieza de ensayo. Fuente: CESVIMAP



Figura 161 -Mordazas autoblocantes. Fuente: CESVIMAP



Figura 162 -Mordaza en G. Fuente: TWI



Figuras 163 y 164 – Taladro y broca. Fuente: TWI



Figura 165 – Herramientas para remachado ciego. Fuente: TWI

Consumibles
✓ Kit de adhesivo estructural
✓ 4 planchas de aluminio de 100 x 70 mm (espesor de 1.0 – 3.0 mm)
✓ Limpiador de superficies recomendado por el fabricante del adhesivo estructural
✓ Papel desechable para limpiar superficies
✓ Cinta adhesiva o cinta de chapista
Herramientas
✓ Pistola para aplicar el adhesivo
✓ Taladro
✓ Broca de 6,5 mm y broca de 7,5 mm
✓ Herramienta de remachado ciego
✓ Taladro
✓ Cuerpo de remaches ciegos de 6,4 mm de diámetro, rango de agarre adecuado para el espesor de la pila de planchas (se necesitan un mínimo de 10 remaches ciegos)
✓ Mordazas autoblocantes
✓ Mordaza en G
Seguridad e Higiene
Uso: ropa de trabajo, guantes de goma o de plástico impermeable, gafas protectoras.
Se deben tomar medidas para evitar que los materiales que no están curados entren en contacto con la piel, ya que las personas con pieles especialmente sensibles pueden verse afectadas.
Normalmente será necesario el uso de guantes de goma o de plástico impermeable, así como el uso de protección para los ojos.
La piel debe limpiarse con agua tibia y jabón al final de cada período de trabajo. Evitar el uso de disolventes en la piel.
Se debe usar papel desechable para secar la piel y no toallas de tela.
Se recomienda una ventilación adecuada del lugar de trabajo.
Siga los procedimientos de trabajo para taladrar.
Siga los procedimientos de trabajo seguros para la aplicación de remaches ciegos, utilice las instrucciones del operador para el funcionamiento de la herramienta de remachado.
Proceso de trabajo
Preparar la pieza de ensayo

Preparar la pieza de ensayo de acuerdo con el plan indicado.

Taladro de los agujeros

6. Colocar las planchas de aluminio como se muestra en el diagrama, con el solapamiento correcto de 35 mm,
7. Sujete las planchas de aluminio a un banco de trabajo o mesa de perforación adecuados,
8. Asegúrese de que haya un área abierta o un bloque de madera debajo del área que se va a perforar,
9. Taladrar los agujeros en 3 planchas con una broca de 6,5 mm,
10. Taladrar los agujeros en 1 chapacon una broca de 7,5 mm.

Especificaciones de seguridad del adhesivo estructural

Lea las especificaciones de seguridad del producto y compruebe el kit de seguridad que la persona que aplica el producto debe llevar puesto.

Ficha técnica del producto

Lea las especificaciones técnicas del adhesivo estructural y anote el procedimiento de aplicación y los tiempos de manipulación y secado.

Compruebe la fecha de caducidad del producto

Compruebe la fecha de caducidad del producto y deséchelo si está vencido.

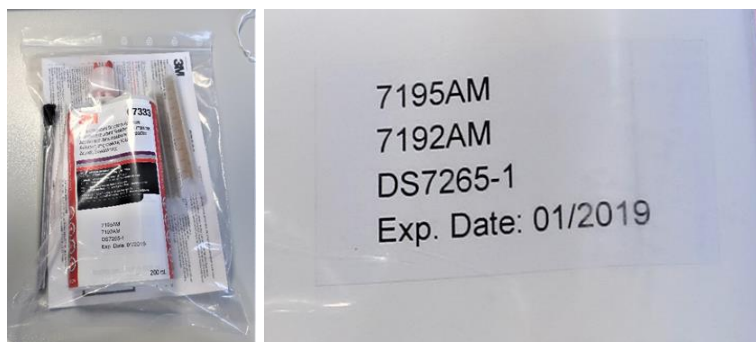


Figura 166 -Fecha de caducidad. Fuente: CESVIMAP

Cordón de prueba

Una vez que el producto haya sido preparado adecuadamente de acuerdo con las instrucciones de uso del fabricante, se debe realizar una prueba. El cordón de prueba debe tener una longitud aproximada de 300 mm. Debe colocarse sobre un sustrato desechable y dejarse secar en condiciones similares a las de la reparación real. Una vez finalizado el ciclo de secado indicado (15 minutos a una temperatura de 80°C o a temperatura ambiente durante 24 horas), el técnico de la carrocería podrá observar el color del cordón y realizar una prueba de tacto para comprobar que el producto se ha secado y es firme.

Pretratamiento - Preparación del sustrato

Las superficies a unir deben limpiarse previamente con un buen desengrasante, en particular el recomendado en las especificaciones del fabricante, para eliminar cualquier rastro de

aceite, grasa o suciedad. Los alcoholes de bajo grado, la gasolina o los disolventes de pintura nunca deben utilizarse como agentes desengrasantes.

Las uniones más fuertes se obtienen después de someter las superficies, ya desengrasadas, a tratamientos mecánicos de abrasión o a tratamientos químicos de decapado. Un tratamiento mecánico de abrasión implicaría un nuevo proceso de desengrase después de este tratamiento.

Aplicación del adhesivo

La mezcla de resina y endurecedor debe aplicarse directamente o con una espátula sobre las superficies secas y pretratadas.

Una capa de adhesivo con un espesor de 1 mm en cada superficie a unir, proporcionará la máxima resistencia mecánica a la unión. Las superficies a unir deben colocarse en una posición fija y definitiva una vez aplicado el adhesivo.

Colocar dos mordazas de presión, una a cada lado de la unión, durante todo el proceso de secado.

Colocación de los remaches ciegos - Parte A Agujeros de 6,5 mm en la chapasuperior e inferior

9. Asegúrese de que los orificios estén alineados correctamente en las piezas de prueba (los orificios superior e inferior tienen un diámetro de 6,5 mm),
10. Limpie cualquier exceso de adhesivo que salga de los agujeros,
11. Siga los procedimientos de operación del fabricante de la herramienta de remachado,
12. Insertar un remache en la herramienta,
13. Coloque la herramienta y el remache en el orificio, asegúrese de que la herramienta esté perpendicular,
14. Aplicar fuerza hacia abajo,
15. Se presiona el gatillo de la herramienta de remachado (o mecanismo operado en una herramienta manual), el mandril se rompe y se ajusta el remache,
16. Compruebe que la parte trasera del remache ha sujetado correctamente la chapainferior, compruebe que la cabeza del remache está a ras con la chapasuperior, compruebe que el mandril se ha roto en la posición correcta dentro de la cabeza del remache.

Colocación de los remaches ciegos, orificio de 7,5 mm en la chapasuperior, orificio de 6,5 mm en la chapainferior

9. Asegúrese de que los orificios estén correctamente alineados en las piezas de ensayo (los orificios inferiores tienen un diámetro de 6,5 mm y los superiores de 7,5 mm),
10. Limpie cualquier exceso de adhesivo que salga de los agujeros,

11. Siga los procedimientos de operación del fabricante de la herramienta de remachado,
12. Insertar un remache en la herramienta,
13. Coloque la herramienta y el remache en el orificio, asegúrese de que la herramienta esté perpendicular,
14. Aplicar fuerza hacia abajo,
15. Se presiona el gatillo de la herramienta de remachado (o mecanismo operado en una herramienta manual), el mandril se rompe y se ajusta el remache,
16. Compruebe que la parte trasera del remache ha sujetado correctamente la chapainferior, compruebe que la cabeza del remache está a ras con la chapasuperior, compruebe que el mandril se ha roto en la posición correcta dentro de la cabeza del remache.

Mantenimiento de las herramientas

Todas las herramientas se pueden limpiar con agua caliente y jabón antes de que el residuo de adhesivo se haya curado. La eliminación de los residuos de adhesivo, una vez curados, es difícil y lleva tiempo. Si se utilizan disolventes como la acetona para la limpieza, se deben tomar las medidas de protección necesarias y se debe evitar el contacto con los ojos y la piel.