



UNIDAD DE TRABAJO Nº2

SOLDADURA FUERTE Y BLANDA

1. Principios de los Procesos.

1.1. Descripción.

El soldeo fuerte y el soldeo blando consisten en realizar uniones en las que el material de aportación tiene menor punto de fusión (y distintas características químico-físicas) que el material base, realizándose la unión soldada sin fusión del metal base y mediante la fusión del material de aportación que se distribuye entre las superficies de la unión, muy próximas entre sí, por acción capilar.

El soldeo fuerte se distingue del soldeo blando por la temperatura de fusión del metal de aporte. El soldeo fuerte utiliza aportaciones con punto de fusión por encima de 450°C y el soldeo blando por debajo de dicha temperatura.

En la tabla se indican las diferencias existentes entre el soldeo fuerte y blando y el soldeo por fusión.

Soldeo fuerte y blando	Soldeo por fusión
El metal base no se funde.	El metal base funde.
Se utilizan fundentes para proteger y mejorar el mojado de los metales base.	Se pueden utilizar fundentes para proteger y mejorar la adhesión.
El calor se suministra mediante resistencia, horno, inducción o soplete.	El calor se suministra por láser, haz de electrones, arco eléctrico, resistencia.
Se produce una unión sin deformación.	Se pueden producir grandes deformaciones en los metales base.
Las tensiones residuales, cuando se producen, son muy pequeñas.	Se producen tensiones residuales.
El metal base y el de aportación se funden consiguiéndose la unión tras su solidificación conjuntamente.	El metal base y el de aportación se funden consiguiéndose la unión tras su solidificación conjuntamente.

DIFERENCIAS ENTRE EL SOLDEO FUERTE Y BLANDO Y SOLDEO POR FUSION



1.2. Aplicaciones, ventajas y limitaciones.

Aplicaciones

El soldeo fuerte y el soldeo blando tienen gran cantidad de aplicaciones, desde la fabricación de juguetes hasta motores de aviones y vehículos espaciales. En general, se utiliza para la unión de piezas de pequeño tamaño, piezas de diferentes materiales, donde sería muy difícil utilizar un proceso de soldeo por fusión, y piezas de diseño complicado que se pueden fabricar mediante soldeo fuerte ahorrando el coste elevado de una pieza moldeada.

El soldeo fuerte se utiliza para soldeo de plaquitas de corte en las herramientas, en diferentes partes de intercambiadores de calor, muchos componentes de automóviles, bicicletas, depósitos de aceite, instrumentos, paneles tipo sándwich con lámina intermedia en panel de abeja, uniones de materiales cerámicos a metálicos y piezas para vehículos espaciales.

El soldeo blando se utiliza en componentes electrónicos, como circuitos impresos o transistores, piezas ornamentales y piezas de intercambiadores de calor.

Ventajas:

- Se pueden conservar los recubrimientos y plaqueados de los materiales base.
- Facilidad para obtener uniones sanas entre materiales diferentes, incluso entre materiales metálicos y no metálicos (como no se funden los metales base, no tiene importancia la diferencia existente entre sus temperaturas de fusión o sus características) o entre materiales de diferente espesor. Se pueden obtener uniones entre cobre y acero mediante soldeo fuerte con la misma facilidad con que se sueldan por fusión dos piezas de acero. Sólo se requiere seleccionar un metal de aportación compatible con el cobre y el acero.
- Se pueden obtener soldaduras en piezas de precisión.
- Con algunos procesos se pueden realizar soldaduras en muchas piezas al mismo tiempo, por lo que resulta muy económico.
- Sólo se requieren bajas temperaturas, con el ahorro energético que ello conlleva.
- La apariencia de la soldadura es muy buena.
- En general, la habilidad necesaria para realizar soldaduras fuertes o blandas es más fácil de adquirir que la requerida para realizar soldaduras por fusión, ya que la soldadura fuerte o blanda casi se realiza por sí sola distribuyéndose por capilaridad con gran facilidad.
- En un proceso fácilmente automatizable.



Limitaciones:

- La resistencia mecánica y la continuidad de las piezas obtenidas por soldeo fuerte no es comparable con la obtenida con soldeo por fusión.
- El diseño de las piezas, y en algunos casos su preparación, puede resultar más complicado y costoso.
- Resulta difícil o costosa su aplicación en el caso de piezas grandes.

2. Metal de Aportación.

Metal de aportación es el metal que se añade cuando se realiza el soldeo fuerte o soldeo blando.

Las características que debe cumplir el metal de aportación son:

- Capacidad de mojar al metal base.
- Apropiaada temperatura de fusión (inferior a la del metal base) y buena fluidez para permitir su distribución, por atracción capilar en las uniones.
- Ser capaz de producir una unión soldada que cumpla los requisitos de resistencia mecánica y a la corrosión en estado normal de servicio.

Se utilizará cada metal de aportación para un rango de temperaturas determinado, el rango de temperaturas depende de su composición química y está limitado, inferiormente, por su temperatura de fusión. El metal de aportación debe interaccionar con el metal base con el que se va a utilizar. Sin embargo no debe formar ningún compuesto que disminuya la resistencia de la unión, por esta razón la elección de un metal de aportación para cada metal base debe ser cuidadosa.

Los materiales de aportación se clasifican y se denominan por el metal o metales principales en su aleación. Sin embargo, todos los metales de aportación de cada grupo están constituidos por varios metales, por ejemplo: los metales de aporte del grupo plata suelen ser aleaciones de plata, cobre, cadmio, cinc...

La clasificación AWS A5.8 de los grupos de metales de aportación más importantes se da en la tabla 1.

La designación consiste en una B de "brazing" seguida de los símbolos químicos de los metales que entran en mayor proporción en el metal de aportación.



TABLA 1

Metal de aportación	Designación Grupo	Rango de temperaturas de soldeo ⁽¹⁾ (°C)	Metales base
Plata	B Ag	618 – 820	Se utiliza para la mayoría de metales férricos (acero, acero inoxidable, aleaciones base, níquel, fundiciones...) excepto aluminio y magnesio.
Oro	B Au	890 – 1100	Aceros y aleaciones de cobre, acero inoxidable, aleaciones níquel, aceros aleados
Aluminio-Silicio	B Al Si	580 – 610	Aluminio y sus aleaciones
Cobre fosforoso	B Cu P	730 – 820	Aleaciones de cobre
Cobre y cobre cinc	B Cu	1090 – 1150	Acero, acero inoxidable, aleaciones de níquel
	B Cu Zn	915 – 970	Acero, aleaciones de cobre
Níquel	B Ni	970 – 1200	Acero inoxidable, aleaciones de níquel, acero, fundición
Magnesio	B Mg	604 – 627	Aleaciones de magnesio

(1) Estas temperaturas son una media aproximada entre las temperaturas de soldeo de todos los materiales de aporte del grupo, sin embargo, cada material de aporte tiene su temperatura de soldeo (ver tabla 2)

GRUPOS DE METALES DE APORTACIÓN PARA DIFERENTES METALES BASE DE ACUERDO CON AWS A5.8

TABLA 2

Designación	Composición	Rango de temperatura de soldeo (°C)
B Ag 13	53-55% Ag, 4-6% Zn, resto Cu	857 - 968
B Ag 5	44-46% Ag, 29-31% Cu, 23-27% Zn	743 - 843
B Cu 1	99,9% Cu (P, Pb, Al)	1093 - 1149
B Cu Zn A	57-61% Cu, resto Zn	910 - 954

DESIGNACIÓN, COMPOSICIÓN Y RANGO DE TEMPERATURA DE SOLDEO DE ALGUNOS METALES DE APORTACIÓN



Metales de aportación para soldeo blando

- Estaño-plomo. Es el metal de aportación más común.
- Estaño-antimonio-plomo: Se adiciona antimonio porque mejora las propiedades mecánicas del material de aportación.
- Estaño-antimonio: Se utiliza donde es necesario evitar la contaminación por plomo.
- Estaño-plata: Se utiliza en instrumentos de trabajo delicados.
- Estaño-cinc: Se utilizan para soldar aluminio.
- Plomo-plata: Mejora la capacidad de mojado de plomo cuando éste es empleado en el soldeo blando de acero, fundición o cobre.
- Cadmio-plata: Se emplea en la unión de cobre y también, aunque menos, en la soldadura aluminio-aluminio.
- Cadmio-cinc: Se emplea en la unión de aluminio.
- Cinc-cadmio: Se emplea en la unión de aluminio.

En la tabla 3. se indica la designación ASTM de los metales de aportación de estaño-plomo para el soldeo blando.

Clasificación ASTM B 32	% Sn (% Estaño)	% Pb (% Plomo)	Temperatura de fusión (°C)	Intervalo de fusión (°C)
5	5	95	314	14
10 ^a	10	90	301	33
25	25	75	267	84
30	30	70	255	72
35	35	65	116	64
40	40	60	235	52
50	50	50	217	34
60	60	40	190	7
70	70	30	192	9

2.1. Método de aplicación del metal de aportación.

El metal de aportación puede aplicarse manualmente durante el soldeo en el lugar de la unión, o puede ser presituado antes del trabajo.

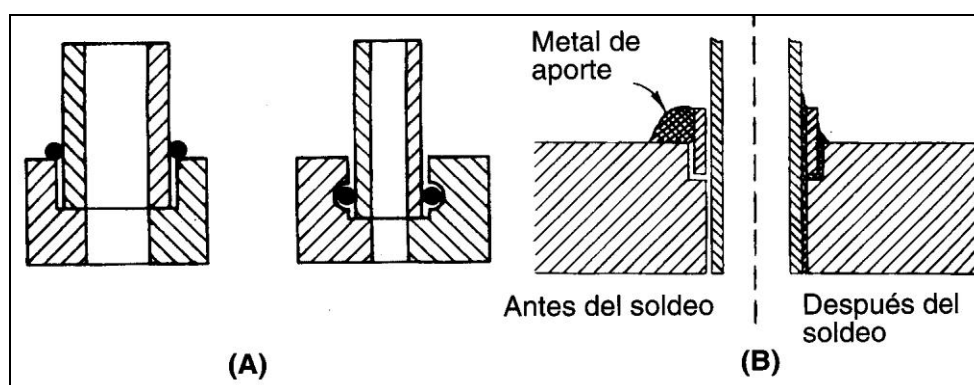
Existen unas formas estándar de metales de aporte como pueden ser varillas, rollos de alambre, polvos, láminas, arandelas... Dependiendo del diseño de la unión, método de calentamiento y nivel de automatización se podrá utilizar una u otra. Cuando se habla de producción masiva, el metal de aportación debe presituarse. Esta presituación del metal de aportación asegura una cantidad uniforme de metal de aportación en cada unión.

La figura (A-B) muestra algún ejemplo de cómo se presitúa el metal de aportación en forma de alambre y como queda el cordón después del soldeo.

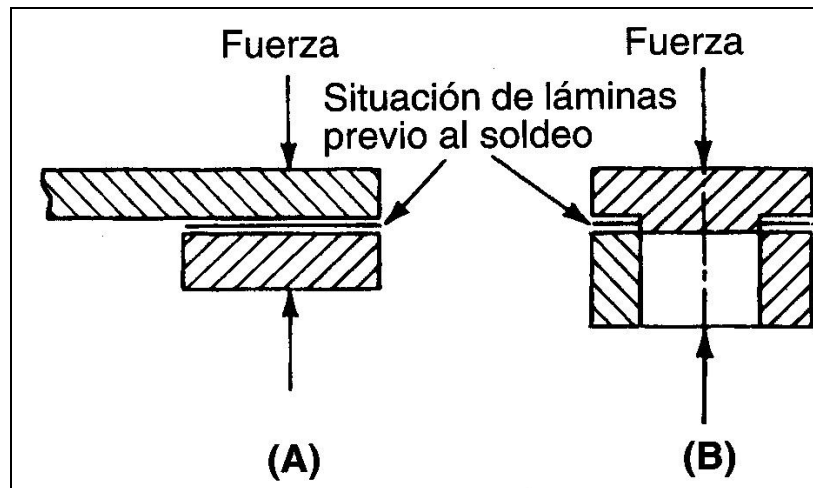
En la figura se representa la situación del metal de aportación en forma de láminas, de manera que cuando está fundido se aplica presión y se elimina el exceso de material de aportación.

Si en una misma pieza se deben realizar varias uniones, primero se efectuará el soldeo fuerte que utilice metal de aportación con mayor temperatura de fusión, la última operación de soldeo fuerte será aquella que utiliza el material de aportación con menor temperatura de fusión. Esta práctica del soldeo fuerte se denomina “soldero fuerte por pasos”.

Cuando el soldeo se realiza con el fin de cerrar algún recipiente, durante el soldeo el recipiente debe estar abierto, para que los gases que se produzcan puedan salir y no creen ninguna sobrepresión.



(A) MÉTODOS DE COLOCACIÓN DE METAL DE APORTE EN FORMA DE ALAMBRE. (B): SITUACIÓN DEL METAL DE APORTE ANTES DE SOLDAR Y RESULTADO DESPUÉS DE SOLDAR



DISPOSICIÓN DE METAL DE APORTACIÓN EN FORMA DE LÁMINAS

3. Fundentes.

El fundente tiene un papel primordial en el soldeo fuerte y en el soldeo blando. Sus funciones principales son:

- Aislar del contacto del aire.
- Disolver y eliminar los óxidos que puedan formarse.
- Favorecer el “mojado” del metal base por el metal de aportación fundido, consiguiendo que el metal de aportación pueda fluir y se distribuya en la unión.

Se deposita el fundente sobre el metal base y se calienta hasta que se funde y limpia la superficie de óxido, que queda protegida contra la oxidación por el fundente líquido. Entonces, en un punto de la unión se funde la varilla de aportación que desplaza al fundente fundido, porque la atracción entre el metal base y el metal de aportación es varias veces superior a la del fundente y el metal base, el metal se distribuye entre los metales base por capilaridad y, de esta forma, se produce la unión del metal de aportación con el material base al solidificar el metal de aportación.

Cada fundente tiene un rango de temperaturas recomendado (temperaturas de actividad) que deberá incluir la temperatura de soldeo del metal de aportación que se utilice.

Los fundentes son mezclas de muchos compuestos químicos. Entre los que se pueden citar están los boratos, fluoruros, borax, ácido bórico y los agentes mojantes.

Los fundentes se suelen suministrar en forma de polvo, pasta o líquido. El fundente en polvo puede aplicarse en seco, o disolverse en agua o alcohol con lo que se mejora su adherencia. El tipo de fundente más conocido es el fundente en pasta, el fundente líquido es el menos utilizado.



El fundente debe aplicarse después de la limpieza de las piezas mediante brocha, espolvoreado en el caso del polvo, o sumergiendo la pieza en el fundente cuando es líquido. En muchas ocasiones resulta útil precalentar el fundente a 50-60°C antes de su aplicación, ya que de esta manera se mejora el mojado.

El fundente indica cuándo el metal base ha alcanzado la temperatura de soldeo y se debe aplicar el metal de aportación, en muchos casos el fundente, cuando se funde, se vuelve transparente, indicando que ha llegado el momento de aplicar el metal de aportación.

Una vez finalizada la operación de soldeo fuerte o soldeo blando, los residuos deben eliminarse para evitar la corrosión de las piezas.

Como la mayoría de los fundentes utilizados se disuelven en agua, el método más fácil para retirar el fundente es mediante agua caliente (50°C), la limpieza se facilita si se sumerge la pieza en agua cuando todavía está caliente y se esté seguro que el metal de aportación ha solidificado completamente. Si todavía quedan restos se puede cepillar o eliminar mecánicamente. También se puede realizar la limpieza en cubetas de agua y mediante ultrasonidos.

Cuando se ha utilizado poca cantidad de fundente, o se han sobrecalentado las piezas, el fundente queda sobresaturado con óxidos, volviéndose generalmente de color verde o negro, siendo difícil retirarlo. En este caso será necesario sumergir la pieza en un ácido que actuará como decapante.

Una vez retirado el fundente se puede aplicar un tratamiento de decapado, para eliminar los óxidos que se hayan podido formar durante el soldeo en las zonas no protegidas por el fundente.

4. Atmósferas Controladas.

Las atmósferas controladas se emplean para prevenir la formación de óxidos durante el soldeo fuerte o soldeo blando y, en muchos casos, reducir la presencia de óxidos, para que el metal de aportación pueda mojar y fluir mejor sobre el metal base limpio.

El empleo mayoritario de atmósferas controladas es en hornos, aunque también se utilizan en el soldeo por inducción y por resistencia. Cuando se utiliza atmósfera controlada se suele prescindir de la realización de la limpieza postsoldo, aunque si se emplea fundente sí será necesario realizar una limpieza postsoldo.

En uniones de alta calidad es siempre aconsejable la realización de la unión en atmósfera controlada, ya que de esta forma se asegura la eliminación de óxidos en el proceso.

Se suelen emplear atmósferas de dióxido de carbono, monóxido de carbono, hidrógeno y nitrógeno. Hay que tomar siempre las precauciones necesarias en el

empleo con ciertos gases, bien por ser tóxicos (monóxido y dióxido de carbono), explosivos (como el hidrógeno) o cualquier otro que pueda ser dañino para el usuario.

También se emplean atmósferas de gases inertes en el soldeo de metales como el titanio, acero inoxidable o circonio, incrementándose día a día la utilización del vacío para cualquier metal.

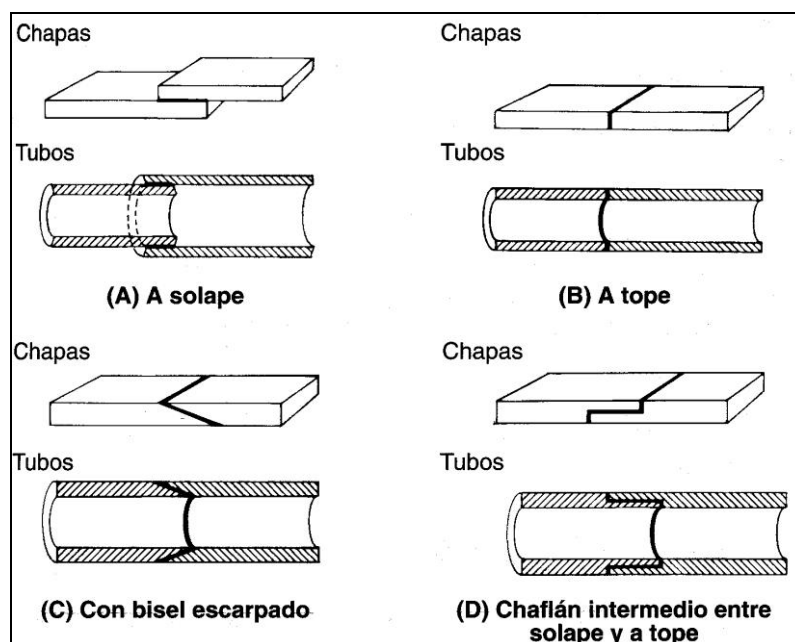
5. Diseño de la Unión.

La unión realizada por soldeo fuerte o blando típica tiene un área de contacto entre materiales base relativamente grande, con una separación entre ellos muy pequeña.

Los tipos de unión básicos utilizados son:

- A solape [ver figura (A)]. Son las que proporcionan mayor resistencia en la unión. El solape suele variar de una a tres veces el espesor de la pieza más delgada, éstos son los más empleados y presenta la desventaja de incrementar el espesor de la unión. Con este tipo de unión se debe asegurar que ésta sea al menos tan resistente como el material menos resistente de la unión.
- A tope [ver figura (B)]. No tiene, ni con mucho, la resistencia de la unión a solape y se emplea cuando las condiciones de servicio no son muy severas.
- Con chaflán inclinado o escarpado [ver figura (C)]. Es una mezcla de las dos anteriores. Sus Propiedades son intermedias. Presenta la desventaja en cuanto a preparación y alineación ya que cuesta más que las anteriores.

En la figura (D) se muestra un diseño intermedio entre las uniones a solape y a tope.



DISEÑO DE UNIONES MÁS UTILIZADAS EN EL SOLDEO FUERTE Y BLANDO



6. Preparación de las Piezas Antes de su Soldeo.

6.1. Limpieza.

La limpieza y consecución de superficies libres de óxidos es un imperativo para asegurar una unión sana y de calidad.

La uniformidad en la atracción capilar se obtiene sólo cuando la grasa, aceite y suciedad han sido eliminadas tanto del metal base como del metal de aportación. Algunos de los fundentes empleados tienen propiedades limpiadoras, pero no es ésta su función sino la de eliminación de óxidos. Es recomendable que el soldeo fuerte o blando se realice tan pronto como sea posible una vez que el material haya sido limpiado.

Los métodos de limpieza se suelen dividir en dos categorías, químicos y mecánicos, en los químicos se utilizan disolventes, ácidos o detergentes y entre los mecánicos se emplean el esmerilado, limado, soplado, cepillado... Se utiliza también la limpieza por ultrasonidos sumergiendo la pieza en cubetas con un líquido limpiador. Cuando la limpieza se realiza por proyección, bien sea de gases (soplado), líquidos o sólidos, el material que se proyecte debe estar limpio y no debe de dejar ningún depósito sobre el material a limpiar, además no debe dañar las partes delicadas de la limpieza. Se evitará la proyección de materiales como alúmina, zirconia, sílice, carburos de silicio y otros, ya que éstos pueden incrustarse en la superficie y retardar el flujo del metal de aportación, se utilizarán fragmentos de hierro fundido o acero, empleando polvo o arenisca de acero inoxidable para la limpieza de materiales inoxidables.

6.2. Recubrimiento de superficies.

Algunas veces se realiza un recubrimiento de las superficies de las piezas con un material que tenga mejores aptitudes para el soldeo blando que el metal base.

Las principales ventajas del recubrimiento son dos: el soldeo es más rápido y uniforme y se evita el empleo de fundentes ácidos fuertes.

Este procedimiento es muy empleado en aquellos materiales que tienen una película de óxido que se retira con dificultad, como aluminio, bronce de aluminio o aceros muy aleados.

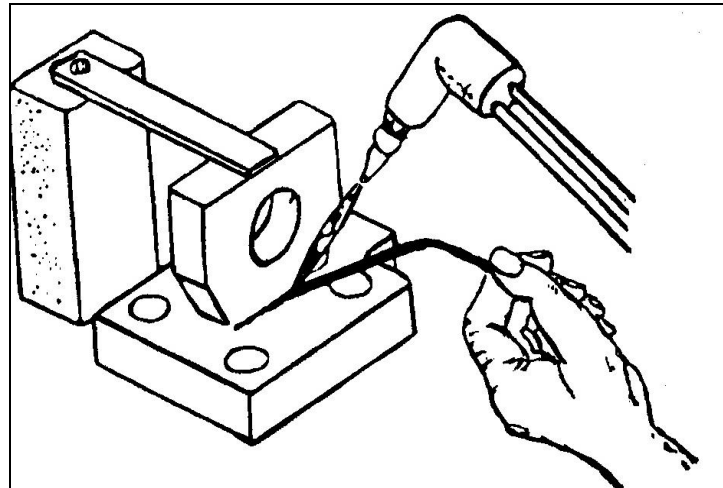
7. Procesos de Soldeo Fuerte y Soldeo Blando.

Aunque aquí sólo se describirá el proceso con soplete, se destacan los siguientes por su importancia:

- Soldeo fuerte y soldeo blando con soplete.
- Soldeo fuerte y soldeo blando en horno.
- Soldeo fuerte y soldeo blando por inducción.
- Soldeo fuerte y soldeo blando por resistencia.
- Soldeo fuerte y soldeo blando por inmersión.
- Soldeo fuerte y soldeo blando por infrarrojos.
- Soldeo blando con soldador de cobre.

7.1. Soldeo fuerte y soldeo blando con soplete.

El calentamiento del metal de aportación se consigue mediante la llama de un soplete. El soldeo fuerte y soldeo blando puede llevarse a cabo con uno o más sopletes y puede ser manual o no. Es necesario aplicar un fundente para realizar el decapado. En general, el metal de aportación se va introduciendo manualmente entre las partes a unir (ver figura).



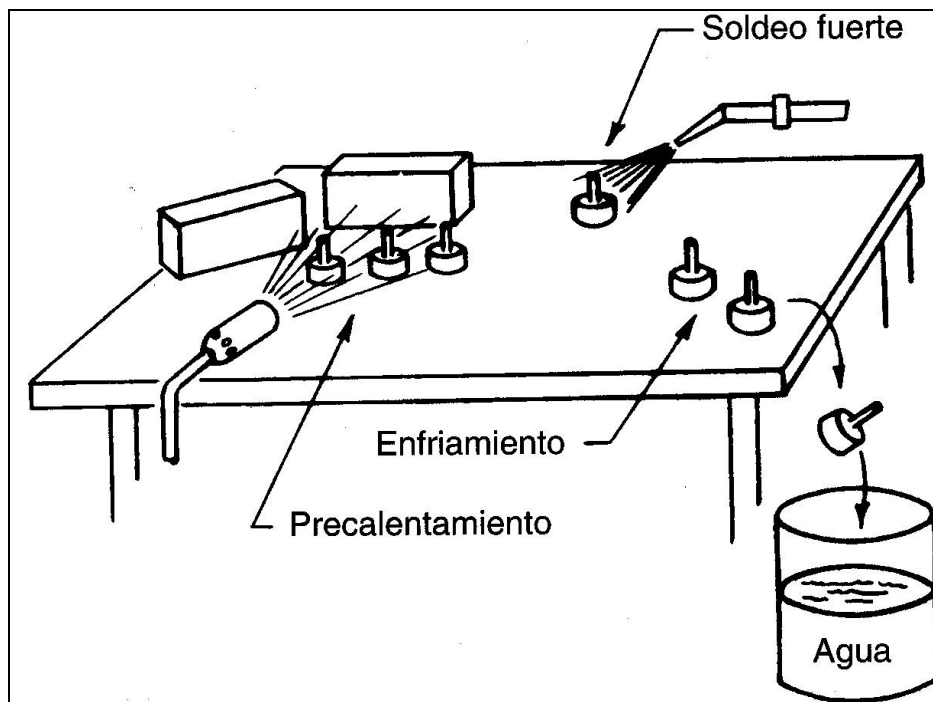
SOLDEO FUERTE O BLANDO CON SOPLETE

Se puede utilizar como combustible acetileno, propano, gas natural o gas ciudad y como comburente: aire u oxígeno. La llama producida con oxígeno será de mayor temperatura que si se emplea aire, el gas natural quemado en aire produce una llama de baja temperatura, sin embargo el acetileno en oxígeno produce la temperatura más alta.

En la figura siguiente se representa el soldeo de piezas pequeñas que pueden ser precalentadas con soplete con llama utilizando con aire, se realiza el soldeo con llama más caliente (por ejemplo con oxígeno), se deja enfriar la pieza hasta que el metal de aporte haya solidificado y luego se puede enfriar en agua.

Se puede ajustar adecuadamente la llama para conseguir un soldeo satisfactorio, muchas veces se prefiere una llama reductora. Una excepción es el caso de cobre no desoxidado ya que para su soldeo es necesario una llama oxidante o neutra. El ajuste de la llama oxiacetilénica es fácil ya que se pueden distinguir los diferentes tipos de llama por simple observación, la llama formada con otros combustibles es más difícil de distinguir. Se debe evitar el sobrecalentamiento, para ello se deberá aplicar la zona exterior de la llama y no el cono interno, que es el que se emplea en el soldeo oxiacetilénico. También se deberán seleccionar fundentes que sean activos a la temperatura de soldeo y por debajo de ella. La fusión del fundente será una indicación de que se está alcanzando la temperatura de soldeo. En el momento en que el fundente esté completamente fundido se aplicará el metal de aportación. Cuando el metal de

aportación fluya por la unión cesará el calentamiento. No se debe aplicar el calor directamente al metal de aportación.



SOLDEO FUERTE DE PIEZAS PEQUEÑAS

ATENCIÓN

Algunos metales de aportación en el soldeo fuerte contienen cinc, cadmio, berilio, mercurio o plomo que pueden volatilizarse durante el soldeo. Su inhalación es muy peligrosa. Se debe realizar el soldeo con la ventilación adecuada.

Los fundentes del soldeo fuerte contienen boro, fluoruros y cloruros que son perjudiciales si se inhalan o si se ponen en contacto con los ojos o la piel. Trabaje con ventilación adecuada. Nunca manipule estos productos sin guantes y evite el contacto con los ojos.

8. Cobresoldeo.

Se puede decir que este proceso de soldeo es intermedio entre el sodeo fuerte y el soldeo por fusión.

Para realizar la unión se utiliza un metal de aportación cuya temperatura de fusión es superior a 450°C pero inferior a la del metal base que no se funde. Sin embargo, el metal de aportación no se distribuye por capilaridad, como en el soldeo fuerte, sino que se deposita mediante varillas como se realiza en el soldeo



por fusión. El diseño de la unión se parece al utilizado en el caso del soldeo oxiacetilénico.

El cobresoldeo se suele realizar mediante llama oxigás, utilizando una varilla de aleación de cobre como metal de aportación y un fundente adecuado. Sin embargo, también se realiza por el proceso TIG o arco plasma, en estos casos no se suelen utilizar fundentes.

La primera aplicación del cobresoldeo fue la reparación de piezas de fundición. También se utiliza para unir piezas de acero, níquel, cobre y sus aleaciones.

El fundente se suele aplicar en una de las formas siguientes:

- Se precalienta la varilla de aportación y se sumerge en el fundente que se transferirá a la unión durante el soldeo.
- Se puede cubrir el metal base con el fundente mediante una brocha.
- El material de aportación puede estar recubierto de fundente.
- Se puede introducir mediante la llama oxiacetilénica.

Para realizar el soldeo se precalienta la varilla y se le aplica el fundente (excepto en el caso de ser varilla recubierta), al metal base se le aplica igualmente cierta cantidad de fundente. Se calienta el metal base hasta que funde el metal de aportación, que moja al metal base y lo cubre. La operación de cobresoldeo progresa a lo largo de la unión rellenando el chaflán con material de aportación mediante una o varias pasadas.



9. Defectos Típicos en las Soldaduras.

Fallo	Causas
Falta de material de aportación, puede no haberse conseguido un buen mojado o una adecuada distribución por capilaridad.	<ul style="list-style-type: none">– Metal de aportación no adecuado o defectuoso.– Temperatura de soldeo baja por utilizar una mala técnica, o existir un error en el termopar.– Tiempo de soldeo muy corto.– Limpieza no adecuada.– Poca cantidad de fundente, fundente no adecuado.– Gas formado de la atmósfera controlada no adecuada. Fallo en la realización del vacío.– Oxidación del metal base.– Separación excesiva entre piezas.
Excesiva cantidad de metal de aportación donde no se desea.	<ul style="list-style-type: none">– Temperatura demasiado elevada debido a la mala técnica o a un fallo en el horno.– Tiempo de soldeo excesivo.– Demasiado metal de aportación o tipo inadecuado.
Fundente atrapado.	<ul style="list-style-type: none">– Fundente no adecuado para el material de aportación.– Excesiva cantidad de fundente.
Fallo	Causas
Corrosión del metal base por el metal de aportación que reduce el espesor del metal base en determinadas zonas.	<ul style="list-style-type: none">– Temperatura o tiempo de soldeo excesivos debido a una mala técnica o a un fallo en el control.– Excesiva cantidad de metal de aportación.– Utilización del metal de aportación muy cerca del límite superior de su rango de temperaturas.– Metal de aportación no adecuado.