

Tensiones y Deformaciones Durante el Soldeo

INDICE

21.1. Tensiones y deformaciones durante el soldeo.....	428
21.2. Diferentes métodos de prevenir las deformaciones sin producir grandes tensiones	431
21.2.1. Diseño de la unión.....	431
21.2.2. Montaje de las piezas	432
21.2.3. Procedimiento de soldeo	433
21.2.4. Secuencia de soldeo	434
21.2.5. Ejemplos.....	436
21.3. Formas de corregir la deformación.....	438

21.1 Tensiones y Deformaciones Durante el Soldeo

Cuando se calienta una pieza se dilata, es decir aumenta su volumen, y cuando se enfría se contrae volviendo a su forma original, siempre que no se haya impedido de alguna forma su dilatación, o su contracción, y el calentamiento y el enfriamiento se hayan realizado de forma uniforme.

Sin embargo, cuando el calentamiento no es uniforme, o se impide la dilatación y contracción de la pieza, ésta se deforma.

Por ejemplo, en la figura 21.1 se ha representado un bastidor de acero en el que se ha calentado localmente una cierta longitud L_0 [ver figura 21.1 (A)], que se alargará localmente de L_0 a L_1 produciendo una deformación en el resto del bastidor [figura 21.1 (B)]. La parte que permanece fría y que está deformada tenderá a volver a su posición original, para lo cual obligará a la parte calentada a deformarse, consiguiéndolo porque el calor ha reducido la resistencia mecánica de la parte caliente [figura 21.1 (C)]. Cuando se enfríe del todo se contraerá (L_2 menor que L_0) deformando de nuevo el bastidor.

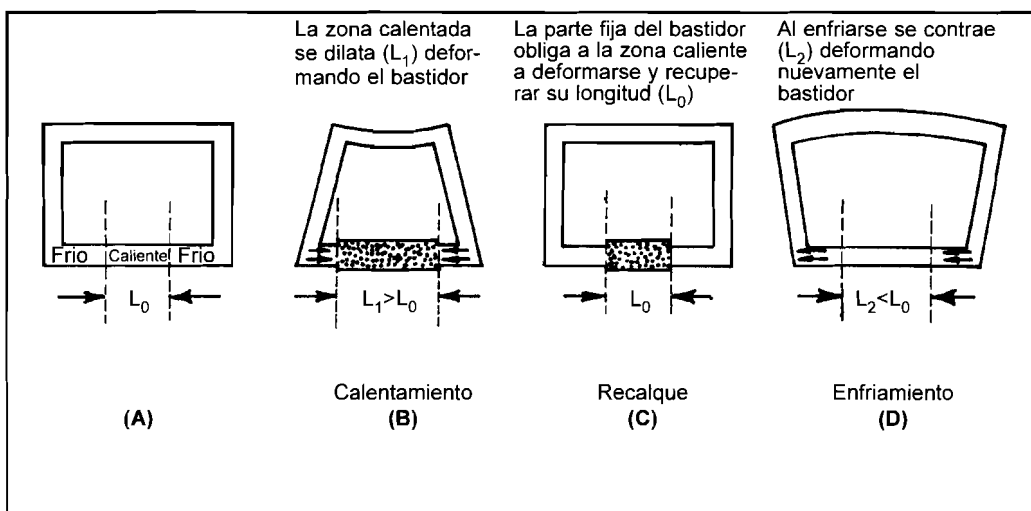


FIGURA 21.1: SIMULACIÓN DE LA DEFORMACIÓN PROVOCADA POR UN CALENTAMIENTO LOCAL

Durante el soldeo se producen calentamientos locales de las piezas (ver figura 21.2), la zona fría de la pieza impedirá la libre dilatación y contracción de la parte caliente que se traducirá en una deformación.

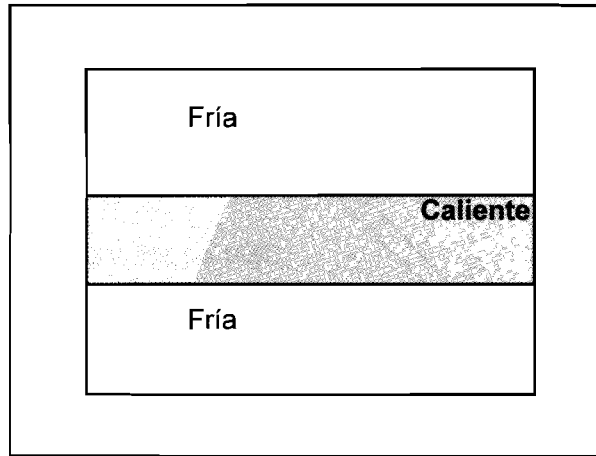


FIGURA 21.2: CALENTAMIENTO LOCAL PRODUCIDO DURANTE EL SOLDEO DE DOS CHAPAS

Se puede observar, por tanto, que como consecuencia de enfriamientos y calentamientos no uniformes se producen:

- Deformaciones en las piezas.
- Tensiones internas o residuales, que permanecerán en las piezas aún después de retirar todos los esfuerzos o cargas externas.

Si se impide la deformación de las piezas se producen tensiones internas, aumentando el riesgo de fallo, es decir, el riesgo de rotura de la pieza.

Tanto en las soldaduras en ángulo como en las realizadas a tope, interesa distinguir:

- La contracción longitudinal [ver figura 21.3 (A)] que se produce en el sentido del eje longitudinal de la unión soldada, produce deformaciones como la representada en la figura 21.4.
- La contracción transversal ver figura 21.3 (B)] que se produce perpendicularmente a la anterior.
- La contracción angular, que en realidad no es sino una parte de la transversal y que proviene de que un cordón de soldadura de sección triangular se contrae transversalmente de modo desigual (ver figura 21.5).

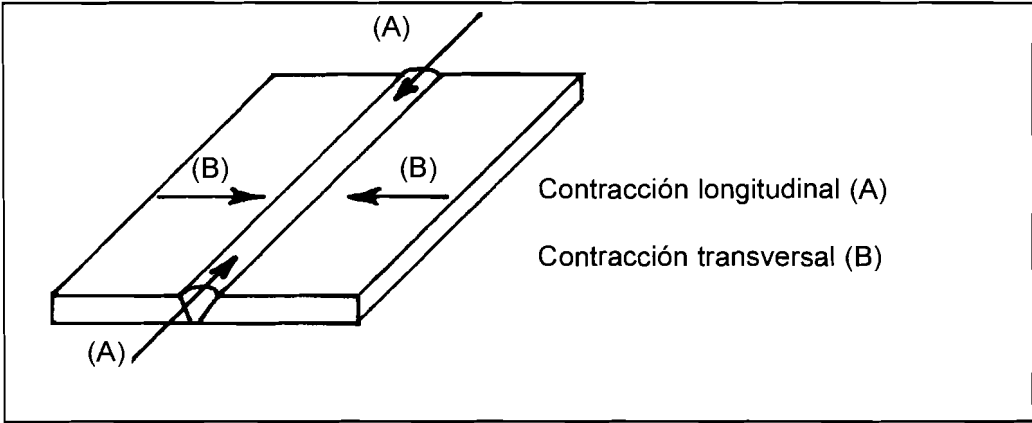


FIGURA 21.3: CONTRACCIONES TRANSVERSALES Y LONGITUDINALES PRODUCIDAS AL REALIZAR LA SOLDADURA

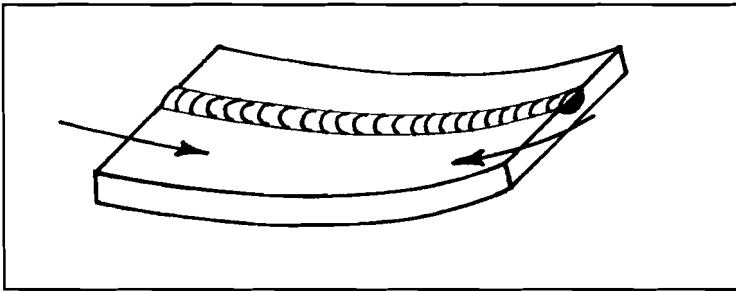


FIGURA 21.4: DEFORMACIÓN POR CONTRACCIÓN LONGITUDINAL

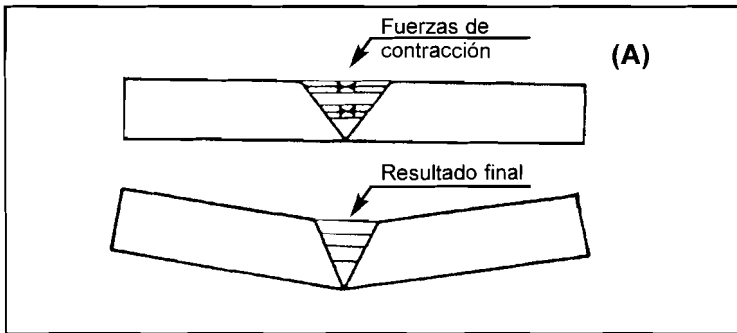


FIGURA 21.5: DEFORMACIÓN ANGULAR

(A) DEFORMACIÓN ANGULAR EN UNA UNIÓN A TOPE

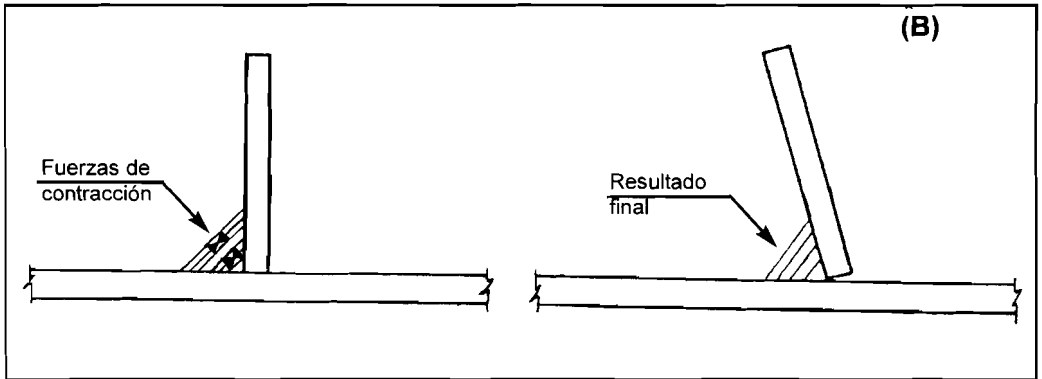


FIGURA 21.5: DEFORMACIÓN ANGULAR
(B) DEFORMACIÓN ANGULAR EN UNA UNIÓN EN ÁNGULO

21.2. Diferentes Métodos de Prevenir las Deformaciones sin Producir Grandes Tensiones

21.2.1. Diseño de la unión

La deformación durante el soldeo será menor cuanto:

- Menor sea la cantidad de metal de soldadura.
- Mayor sea la simetría de la unión.
- Menor sea la cantidad de calor aportado.

Uniones a tope

Con el fin de reducir la cantidad de metal de soldadura:

- La separación en la raíz será la mínima posible que garantice, eso sí, una buena accesibilidad a la raíz y por tanto una buena penetración.
- El ángulo del chaflán será el mínimo posible (ver tabla 21.1).
- Se utilizarán preparaciones en U en lugar de en V cuando el espesor de la pieza sea elevado. (ver tabla. 21.1)
- Siempre se preferirán diseños en U doble o en V doble, sin embargo estos tipos de preparación son más caros por lo que se utilizarán cuando el espesor de la unión sea elevado (mayor de 15 mm) y cuando la unión sea accesible por los dos lados. (tabla 21.1)



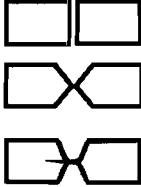







<p>Tipo de preparación</p>					
<p>Deformación</p>					

TABLA 21.1: INFLUENCIA DEL TIPO DE PREPARACIÓN DE LA UNIÓN EN LA DEFORMACIÓN DURANTE EL SOLDEO

Uniones en ángulo

Se deberá reducir al máximo el aporte térmico y la garganta de la soldadura, teniendo en cuenta que ésta nunca sea inferior a la mínima especificada.

21.2.2. Montaje de las piezas

Para reducir las deformaciones nos interesa reducir las contracciones; se podría conseguir con cualquiera de los tres métodos siguientes:

1. Situar las chapas y embridarlas de forma que se minimice la deformación.
2. Predeformar elásticamente la pieza en sentido contrario a la deformación prevista (ver figura 21.6).
3. Estimar la cantidad de deformación que se vaya a producir durante el soldeo y situar las chapas de forma que se compensen las deformaciones. (ver figura 21.6).

El tercer método sería mejor que el primero y que el segundo, ya que éstos producen tensiones internas, sin embargo el tercer método es más difícil de aplicar. El primer método es más simple y suele ser el más utilizado. Para evitar grietas y roturas por el embridado de piezas se soldará con secuencias adecuadas y, en los espesores grandes, se realizará un precalentamiento.

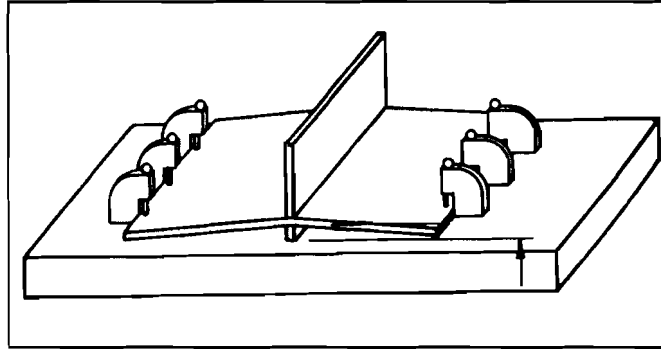


FIGURA 21.6: PREDEFORMAR ELÁSTICAMENTE LA PIEZA ANTES DEL SOLDEO

21.2.3. Procedimiento de soldeo

En general, se deberá:

1. Completar la unión con el mínimo número de pasadas posible y con el diámetro de electrodo, varilla o alambre máximo posible.
2. Realizar el soldeo de forma rápida, reduciendo el calor aportado.
3. Comenzar soldando las uniones que provoquen la contracción máxima.
4. Precalentar las piezas para evitar que se enfríen rápidamente, de esta forma se permite a las piezas que se adapten a los cambios de volumen producidos por el calor, reduciéndose las tensiones y las deformaciones. Se aplicará sobre todo cuando los materiales tienen gran espesor. Sin embargo, este método debe emplearse con sumo cuidado y teniendo en cuenta que en algunos materiales puede ser muy perjudicial.
5. Durante el soldeo progresar de forma simétrica, de modo que cada pasada contrarreste las deformaciones producidas por la anterior.

Para esto se tendrá que tener en cuenta lo siguiente:

- Soldar simultáneamente por las dos caras de la unión en las soldaduras en ángulo, así como las soldaduras a tope en V doble (por ejemplo en posiciones vertical y cornisa), de esta manera la deformación producida por una cara de la soldadura la contrarresta el otro soldador por el otro lado.
- En las uniones en V o U doble simétricas se deberá realizar el soldeo como indica la figura 21.7, alternando los cordones de soldadura por ambos lados de la unión. Cuando se resane, también deberá realizarse de

forma simétrica. Si la primera pasada debe resanarse completamente, el soldeo ya no será simétrico, por lo que en este caso se preferirá un diseño en U o V doble asimétrico.

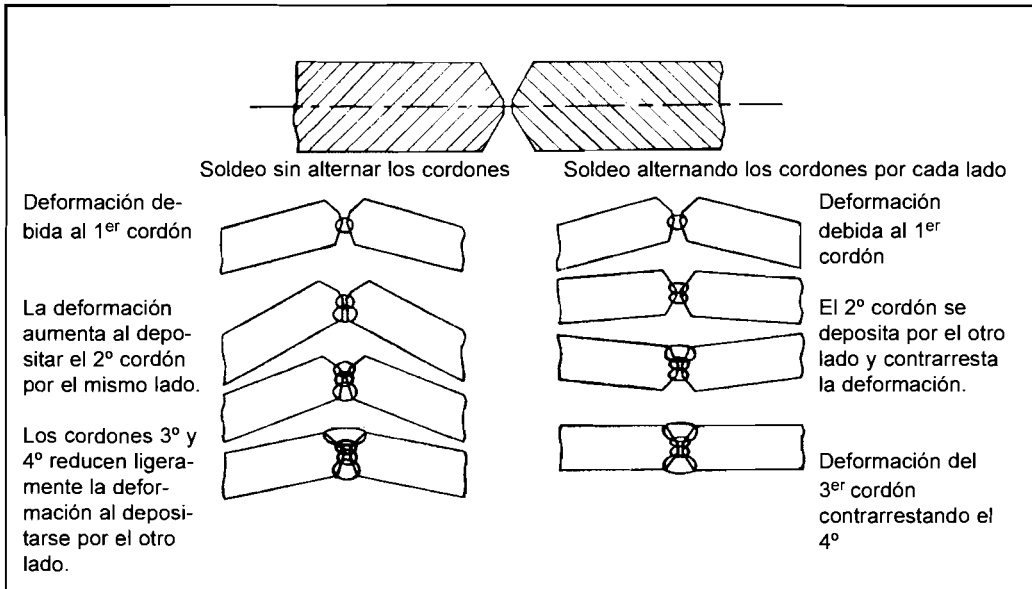


FIGURA 21.7: UNIÓN EN V DOBLE SIMÉTRICA. ALTERNAR LOS CORDONES POR AMBOS LADOS

- En las uniones en V o U doble asimétricas, también se deberá alternar las pasadas de soldadura.

21.2.4. Secuencia de soldeo

La secuencia de soldeo es el orden en el que se efectúan los cordones y las pasadas de soldadura. Se pueden utilizar secuencias que aminoren la deformación.

Secuencia de paso de peregrino [figura 21.8 (A)]

Es un método fácil para reducir la deformación durante el soldeo. Se evita de esta forma el efecto de cierre de las chapas que en otro caso tenderían a reducir la separación en la raíz. Consiste en efectuar cada pasada en sentido contrario al de avance del soldeo. Se emplea fundamentalmente:

- En uniones largas.
- En las primeras pasadas de grandes espesores.

- Donde se produzcan cruces de soldaduras.
- Zonas de grandes esfuerzos y gran responsabilidad.

La figura 21.8 (B) muestra el “soldeo a saltos” que es una variante del “soldeo de paso de peregrino”, consiste en realizar cordones espaciados regularmente soldando también en sentido contrario al de avance del soldeo.

En la figura 21.8 (C) se representa una técnica para realizar las uniones en ángulo alternando los cordones de soldadura.

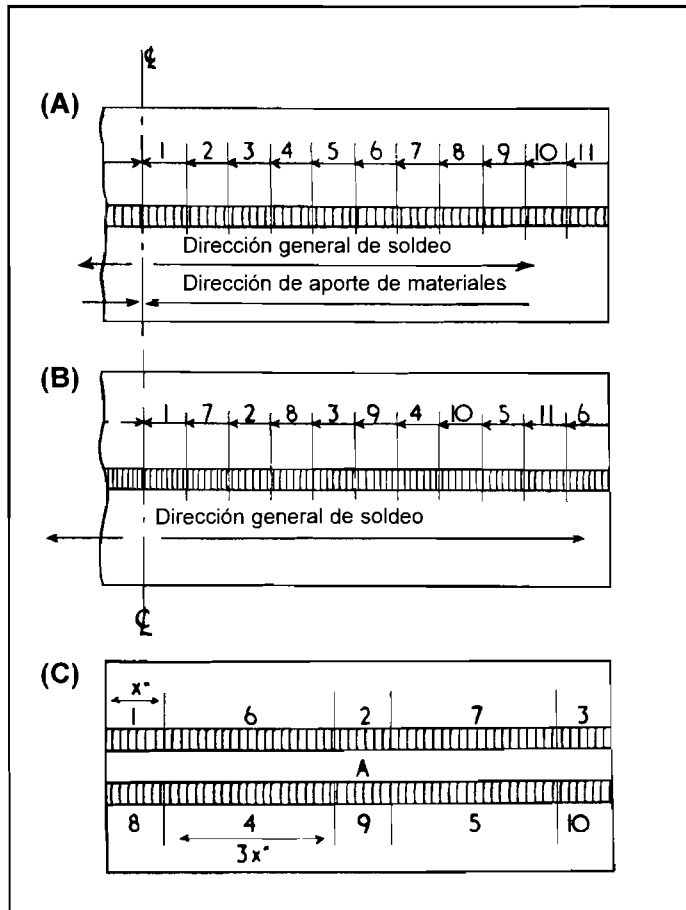


FIGURA 21.8: (A) SOLDEO DE PASO DE PEREGRINO. (B) SOLDEO A SALTOS. (C) TÉCNICA PARA REALIZAR DOS SOLDADURAS EN ÁNGULO EN FORMA DE T

21.2.5. Ejemplos

Forma de evitar que se cierre la separación en la raíz

Cuando durante el soldeo se junten las chapas [figura 21.9 (A)], se podrá corregir en algunos casos invirtiendo el sentido de soldeo, para ello se comenzará el nuevo cordón a unos 50-75 mm del final del anterior [figura 21.9 (B)].

Soldeo de un conjunto de chapas [Figuras 21.10 (A), (B) y (C)]

- Se soldarán primero las piezas más pequeñas para formar piezas de tamaño parecido a la mayor.
- Las uniones contiguas se realizarán en sentido contrario.
- Ninguna unión terminará en otra ya realizada.
- Se debe soldar comenzando por el centro y terminando en los extremos.

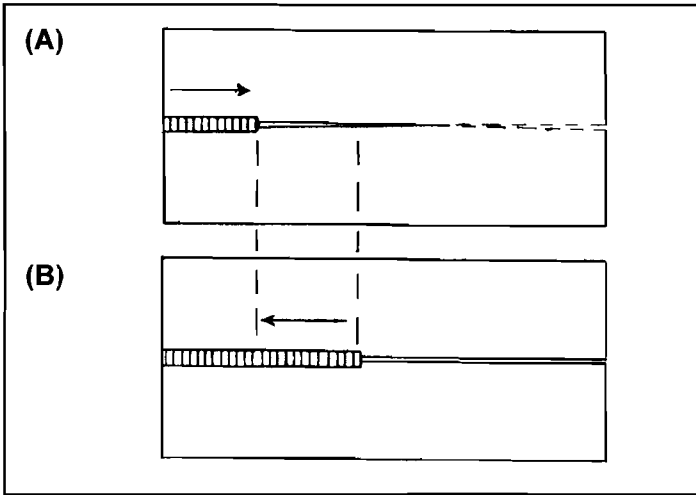


FIGURA 21.9: MÉTODO DE CORREGIR LA DISMINUCIÓN DE LA SEPARACIÓN EN LA RAÍZ:
CAMBIAR EL SENTIDO DEL SOLDEO

Uniones en ángulo

- Colocar refuerzos angulares antes de soldar cuando sea necesario para evitar deformaciones angulares.
- Si la pieza es de gran espesor, utilizar el paso de peregrino.

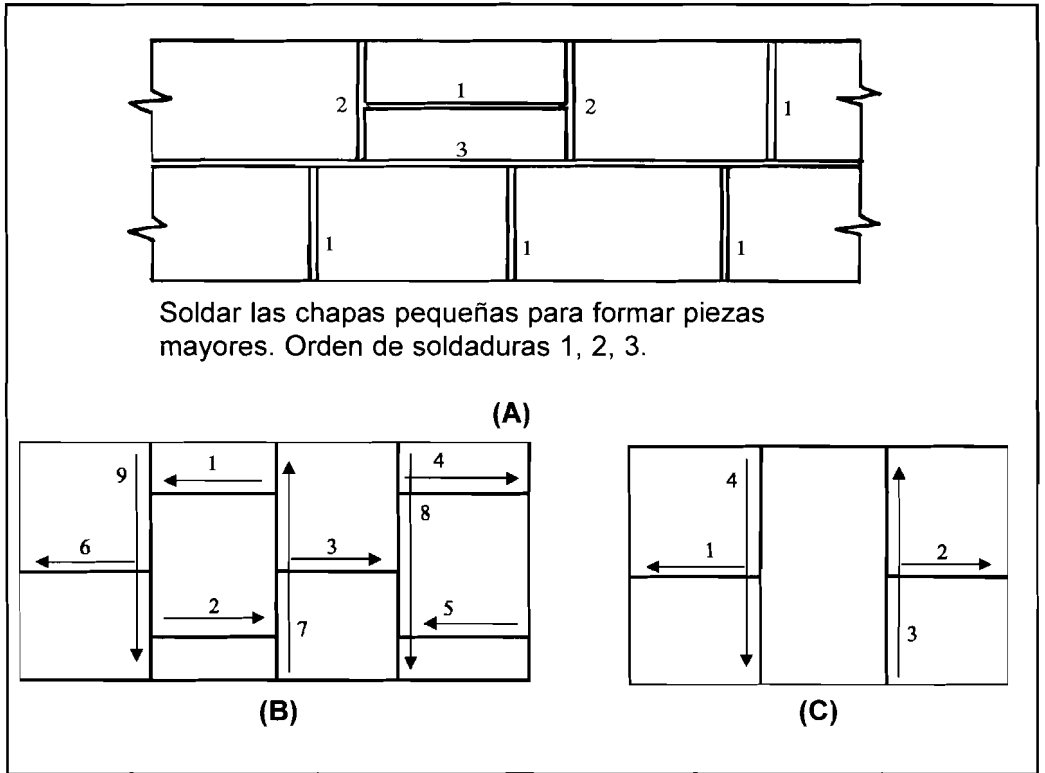


FIGURA 21.10: SOLDEO DE UN CONJUNTO DE CHAPAS

- En la figura 21.11 se ha indicado una secuencia, pudiéndose utilizar otras, por ejemplo soldar del centro hacia los extremos y soldar con dos soldadores al mismo tiempo, uno por cada lado si las chapas son de gran espesor.
- Soldar del centro hacia los extremos libres.
- Ejecutar la soldadura aplicando el mínimo de calor y de metal de aporte.
- Embridar la pieza.

Soldeo de tubería fija mediante electrodo revestido

De diámetro menor de 500 mm:

- La soldadura será realizada por un solo soldador.
- Se soldará en sentido ascendente
- Se soldará en dos mitades, desde la parte inferior hacia la superior.

De diámetro mayor de 500 mm:

- Se emplearán dos o más soldadores
- Se suelen soldar en sentido descendente si se emplea electrodo celulósico

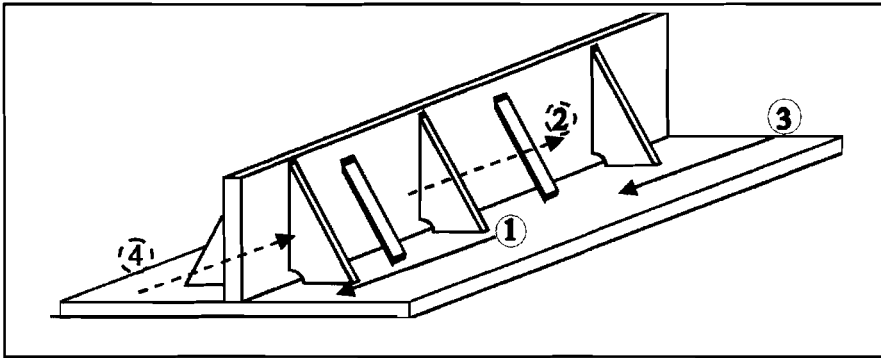


FIGURA 21.11: SECUENCIA PARA SOLDAR UNIONES EN ÁNGULO

21.3. Formas de Corregir la Deformación

No siempre es posible controlar totalmente la deformación, pero se pueden emplear diferentes métodos para corregirla.

Métodos:

- Los tratamientos térmicos postsoldeo reducen el nivel de tensiones internas, pudiéndose corregir la deformación. Consisten en el calentamiento uniforme (a veces localizado) de las piezas y enfriamiento lento. La temperatura y tiempo dependerá del material base.
- Se puede enderezar las chapas mecánicamente por medio de presión.
- Enderezado térmico. Se sabe que un calentamiento localizado produce deformaciones en las piezas, pues bien, se puede utilizar este efecto para deformar las piezas en sentido contrario a la deformación que poseen como resultado del soldeo, de esta forma se enderezarán las piezas. Este método es muy utilizado en los aceros al carbono, se aplica mediante llama de calentamiento. Se debe realizar siempre con gran cuidado y solamente por personas experimentadas.

El calor se puede aplicar en forma de puntos, ver figura 21.12, donde se representa el enderezado de una estructura abombada. Cuando las

secciones son mayores puede ser necesario aplicar líneas de calor (ver figura 21.13).

En la figura 21.14 se indica la forma de enderezar utilizando calentamientos en forma de cuña.

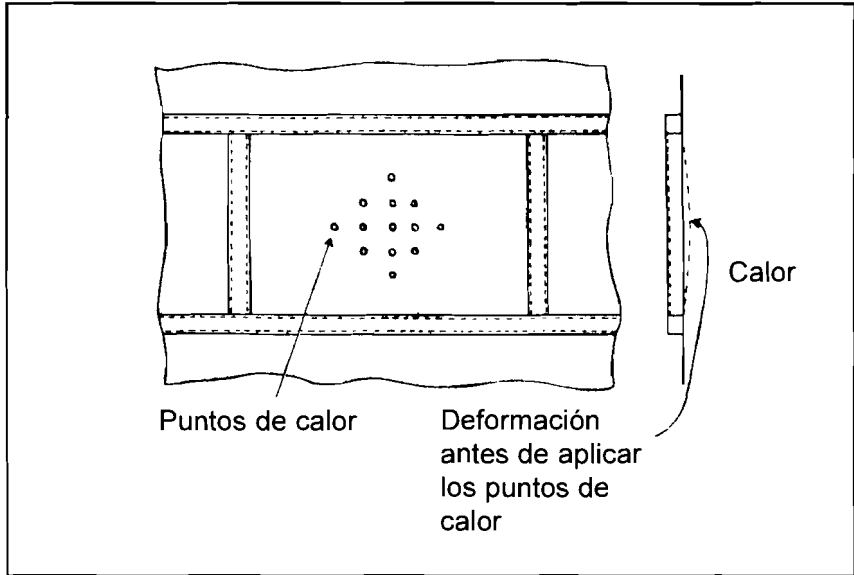


FIGURA 21.12: ENDEREZADO MEDIANTE PUNTOS DE CALOR

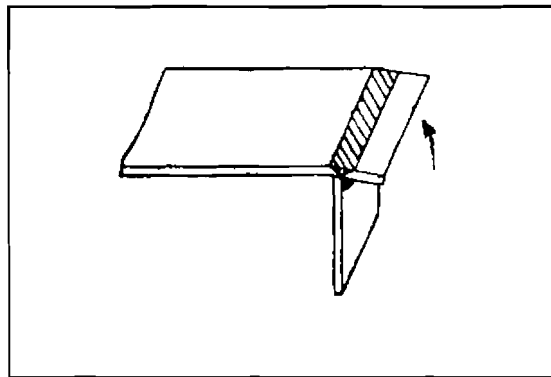


FIGURA 21.13: ENDEREZADO DE UNA PIEZA SOLDADA EN ÁNGULO MEDIANTE LÍNEA DE CALOR

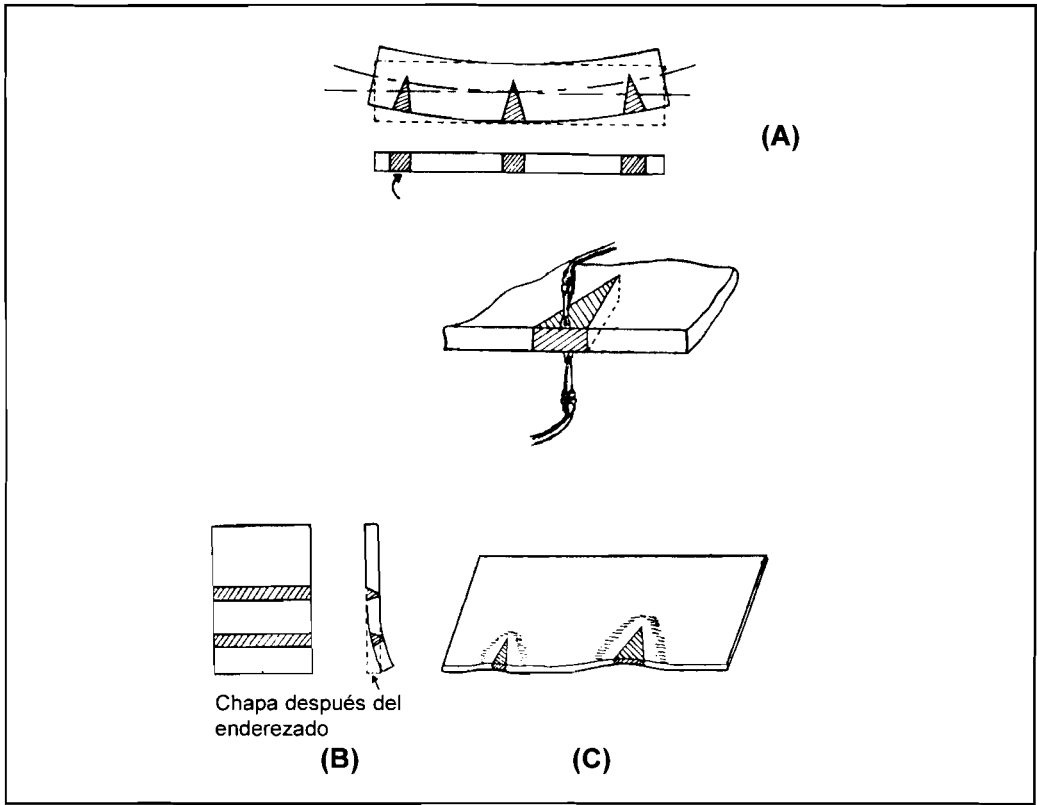


FIGURA 21.14: (A) ENDEREZADO POR CALENTAMIENTO LOCAL EN FORMA DE CUÑA. PUEDE REALIZARSE SOBRE AMBAS SUPERFICIES AL MISMO TIEMPO.
(B) ENDEREZADO DE CAPA CURVADA. (C) ENDEREZADO DE CHAPA ALABEADA