

3.3.9. PIEZAS FORMADAS POR OTROS MÉTODOS

Numerosas operaciones con láminas de metal no se realizan en prensas de troquelado convencional, En esta sección examinaremos varios de estos procesos: 1) formado por restirado, 2) doblado con rodillos y formado, y 3) procesos de formado de alto nivel de energía.

3.3.9.1. Formado por estirado

El formado por estirado es un proceso de deformación de láminas metálicas en el cual la lámina se restira y dobla simultáneamente a fin de lograr un cambio de forma. El proceso se ilustra en la figura 3.111 para un doblado gradual relativamente simple. La parte de trabajo se sujeta por una o más mordazas en cada extremo y luego se restira y dobla sobre un dado positivo que contiene la forma deseada. El metal se somete a esfuerzos de tensión a un nivel por encima de su punto de fluencia. Cuando se libera la carga de tensión, el metal ha sido deformado plásticamente. La combinación de restirado y doblado da por resultado una recuperación elástica de la parte relativamente pequeña.

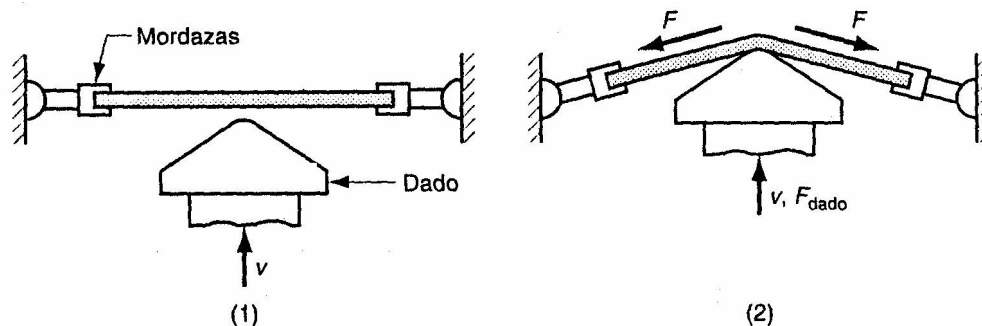
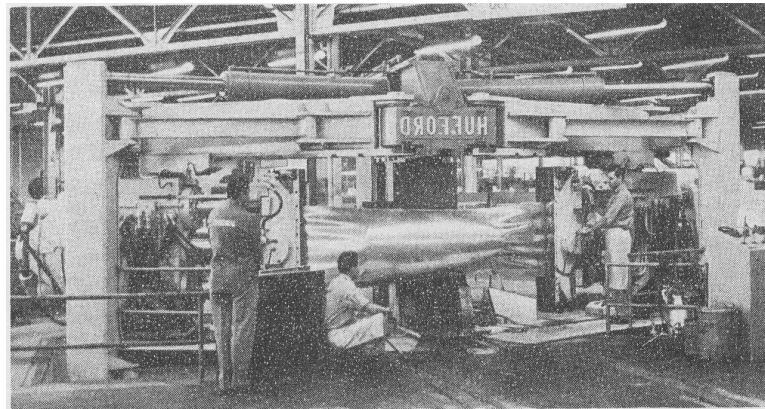


FIGURA 3.111 Formado por estirado: (1) inicio del proceso; (2) un dado formador se presiona sobre el trabajo con una fuerza F_{dado} , ocasionando el estirado y formado de la lámina sobre la forma. F = fuerza de estiramiento.

Una estimación de la fuerza requerida en formado por restirado se puede obtener multiplicando el área de la sección transversal de la lámina en dirección de la tensión por el esfuerzo de fluencia del metal. En forma de ecuación,

$$F = LtY_f \quad (3.61)$$

Donde

F = fuerza de estiramiento, (N);

L = longitud de la lámina en dirección perpendicular al estiramiento, (mm);

t = espesor instantáneo del material, (mm);

Y_f = esfuerzo de fluencia del metal del trabajo, (MPa).

La fuerza del dado F_{dado} , mostrado en la figura, puede determinarse balanceando los componentes verticales de la fuerza.

Mediante el formado por restirado se pueden lograr contornos más complejos que los mostrados en la figura, pero existen limitaciones sobre la forma de las curvas que se pueden hacer en la lámina. Este método de formado se usa extensamente en la industrias aérea y aeroespacial para producir económicamente grandes piezas de lámina metálica en bajas cantidades, característica de esas industrias.

3.3.9.2. Doblado y formado con rodillos

En las operaciones descritas en esta sección se usan rodillos para formar láminas metálicas. El *doblado con rodillos* es una operación en la cual generalmente se forman partes grandes de lámina metálica en secciones curvas por medio de rodillos. En la figura 3.112 se muestra un arreglo posible de los rodillos. Cuando la lámina pasa entre los rodillos, éstos se colocan uno junto al otro en una configuración que forma el radio de curvatura deseado en el material de trabajo. Por este método se fabrican componentes para grandes tanques de almacenamiento y recipientes a presión. Mediante esta operación también se pueden doblar perfiles estructurales, rieles de ferrocarril y tubos.

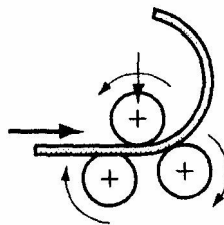


FIGURA 3.112 Doblado con rodillos.

Una operación relacionada es el *enderezado con rodillos* en la cual se enderezan láminas no planas (u otras formas) pasándolas sobre una serie de rodillos. Los rodillos someten al material de trabajo a una serie de aplanados de los pequeños dobleces en direcciones opuestas, esto provoca que el material se enderece a la salida

Formado con rodillos El *formado con rodillos*, también llamado *formado con rodillos de contorno*, es un proceso continuo de doblado en el cual se usan rodillos opuestos para producir secciones largas de material formado a partir de cintas o rollos de lámina. Generalmente se requieren varios pares de rodillos para lograr progresivamente el doblado del material en la forma deseada. El proceso se ilustra en la figura 3.113 para una sección en forma de U. Los productos hechos por formado con rodillos incluyen canales, canaletas, secciones laterales de metal (para casas), duelos, tubos sin costura y varias secciones estructurales. Aunque el formado con rodillos tiene la apariencia general de una operación de laminado (las herramientas son verdaderamente similares), la diferencia es que en el formado con rodillos se involucra más el doblado que la compresión del trabajo.

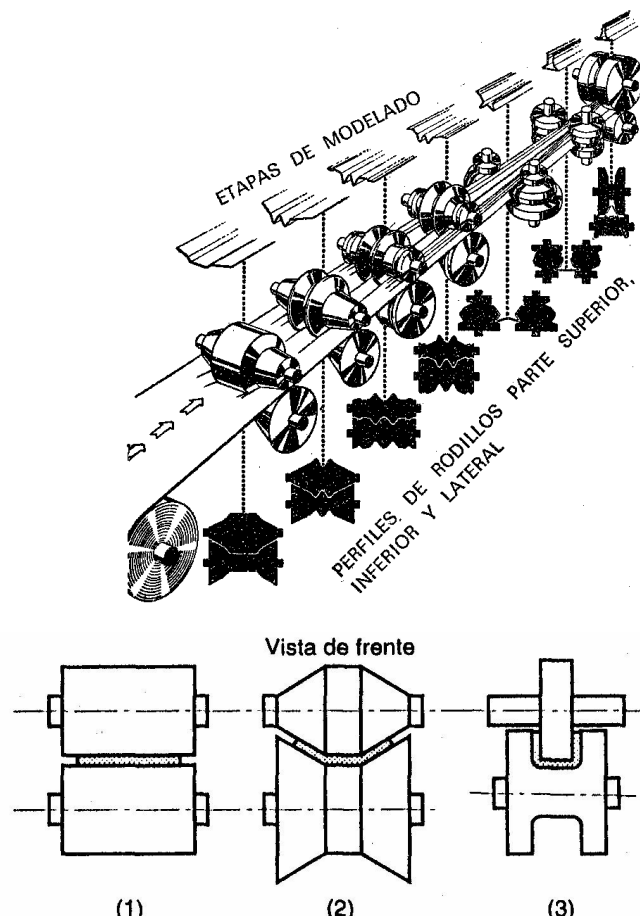


FIGURA 3.113 Formado en rodillos de una sección continua en canal: (1) rodillos rectos, (2) formado parcial y (3) forma final en U. En la parte superior se ve el formado para una sección más compleja.

3.3.9.3. Formado por alta velocidad de energía

Se han desarrollado varios procesos para el formado de metales usando grandes cantidades de energía aplicada en tiempos muy cortos. Debido a esta característica se llaman formado por alta *velocidad de energía*. Éstos incluyen el formado por explosión, formado electrohidráulico y formado electromagnético.

Formado por explosión El formado por explosión involucra el uso de una carga explosiva para formar una lámina o placa de metal dentro de la cavidad de un dado. Un método de instrumentar el proceso se ilustra en la figura 3.114. La parte de trabajo se fija y se sella sobre el dado, practicando el vacío en la cavidad. El aparato se coloca entonces en un recipiente grande de agua. Se coloca una carga explosiva en el agua a cierta distancia sobre el trabajo. La detonación de la carga produce una onda de choque cuya energía se trasmite a través del agua, causando la deformación rápida de la parte dentro de la cavidad. El tamaño de la carga explosiva y la distancia a la que debe colocarse sobre la parte es más bien materia de arte y experiencia. El formado con explosivos se reserva para partes grandes, típicas de la industria aeroespacial.

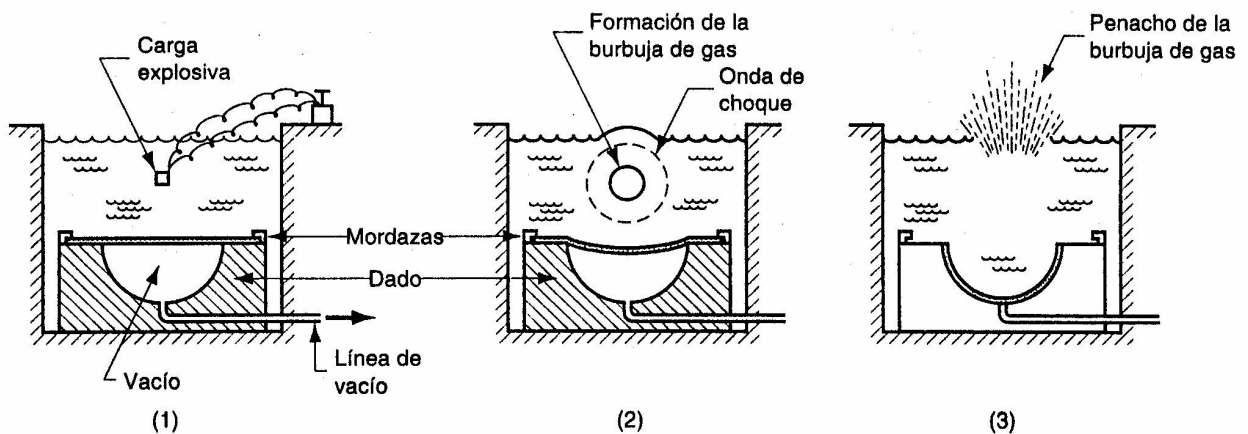


FIGURA 3.114 Formado por explosión: (1) disposición, (2) detonación del explosivo y (3) la onda de choque forma la parte y el penacho escapa de la superficie del agua.

Formado electrohidráulico El formado *electrohidráulico* es un proceso de alta energía en el cual se genera una onda de choque para deformar el material de trabajo en la cavidad de un dado a través de una descarga eléctrica entre dos electrodos sumergidos en un fluido de transmisión (agua). Debido al principio de operación, este proceso se llama también formado por *descarga eléctrica*. La instalación para este proceso se ilustra en la figura 3.115. La energía eléctrica se acumula en grandes capacitores y luego se transmite a los electrodos. El formado electrohidráulico es similar al formado por explosión. Las diferencias están en la forma de generar la energía y en las menores cantidades de energía que se manejan. Esto limita el formado electrohidráulico a piezas de mucho menor tamaño.

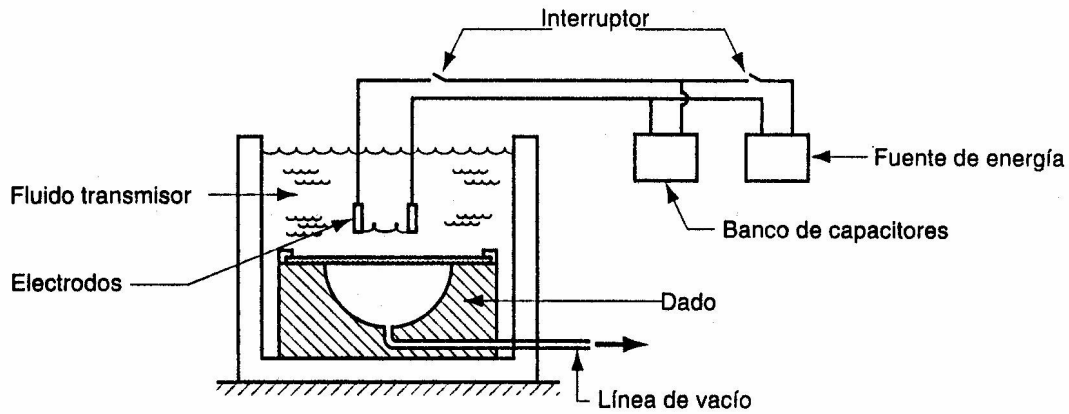


FIGURA 3.115 Disposición del formado electrohidráulico.

Formado electromagnético El *formado electromagnético*, también llamado *formado de pulso magnético*, es un proceso en el cual la lámina metálica se deforma por la fuerza mecánica de un campo electromagnético inducido en la parte de trabajo por una bobina electrificada. La bobina está electrificada por un capacitor y genera un campo magnético que origina corrientes de eddy en el material de trabajo con su propio campo magnético. El campo inducido se opone al campo primario, produciendo una fuerza mecánica que deforma la parte hacia la cavidad que la rodea. Desarrollado en 1960, el formado electromagnético es el proceso de alta energía más extensamente usado en la actualidad [4]. Se usa para formar partes tubulares, como se ilustra en la figura 3.116.

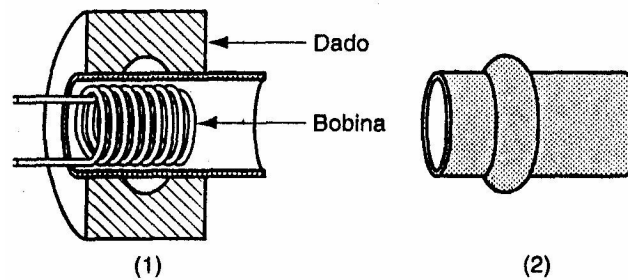


FIGURA 22.47 Formado electromagnético (1) disposición en la cual se inserta una bobina en la parte tubular rodeada por el dado, (2) parte formada.

3.4. BILIOGRAFIA DEL CAPITULO

1. [1] METALS HANDBOOK edición Vol. 5 "Forging and Casting, American society for Metals
2. [2] KALPAKJIAN, S. SCHMID, S; "*Manufactura, ingeniería y Tecnología*"; Prentice Hall, México, 2002
3. [3] SCHEY, John, "*Procesos de Manufactura*", Mc Graw Hill, México, 2001
4. [4] BRALLA James "Manual de diseño de productos para manufactura", Mac Graw Hill, México
5. [5] LEHNERT ROB "La construcción de herramientas" Reverte S.A. 1979
6. [6] PAQUIN J.J., "Diseño de matrices" Montaner y Simón 5 A. Barcelona 1979