



DOBLADORA DE TUBOS

Ing. Eulogio Santos De la Cruz
Ing. Víctor Pérez Quispe

RESUMEN

Este artículo muestra la aplicación práctica de los métodos de producción que se han utilizado en nuestros Laboratorios de Máquinas Herramientas.

ABSTRACT

This article shows the practical application of the production methods that have been used in our Machine Tools Laboratory.

Introducción.

Los tubos pueden unirse en las esquinas por las conexiones, o mediante la soldadura; pero en vez de unir, el método más económico es el doblado. El doblado de tubos es una aplicación técnica empleada en diferentes actividades de la industria metal mecánica.

Para el doblado se utilizan diversos métodos que, evitan el colapso y la distorsión. Se emplea la herramienta llamada dobladora de tubos que es usada mediante una máquina compleja accionada por sistemas hidráulicos; pero el caso más simple y económico es el manual que se realiza aplicando el torsor. El diseño de la dobladora en esta última modalidad está en relación con su uso en talleres de fabricación de muebles cuya estructura es el tubo de acero electrosoldado. La técnica ha de evitar los defectos que, con frecuencia aparecen, tales como la formación de pliegues, grietas, o la deformación de la sección en elíptica, con el consiguiente colapso.

1. Elección del Método.

El doblado de tubo es una operación tendiente a configurarlo en un solo sentido, aplicando torque, en moldes especiales contruidos para este propósito, según la forma y dimensiones del tubo.

Existen varios métodos para el doblado de tubos; puede ser manual, semiautomático y totalmente automático. La dobladora a ser diseñada será manual, en razón de que es más simple y económico en lo concerniente a la disponibilidad de materiales y su construcción. Los métodos más conocidos son:

- a. Rotatorio
- b. Estacionario
- c. En rodillos
- d. Presión

El método seleccionado para este trabajo es el rotatorio, cuyo esquema se muestra en la figura 1.

1.1 Descripción del Método.

El molde de forma, tiene una garganta igual al diámetro exterior del tubo (para el diseño se ha considerado el diámetro del tubo de mayor uso, 22.2mm); el patín se mueve con un excéntrico; el radio de curvatura es igual a la distancia del punto de articulación al eje neutro del tubo; sobre el molde de forma, el tubo se bloquea energicamente mediante el patín fijo; un patín colisor acompaña al tubo durante la operación. Por lo tanto, el tubo se halla presionado exteriormente entre el molde y el patín, interiormente por el mandril (opcional) en el lugar donde se hace el curvado, evitando de este modo la deformación de la sección.

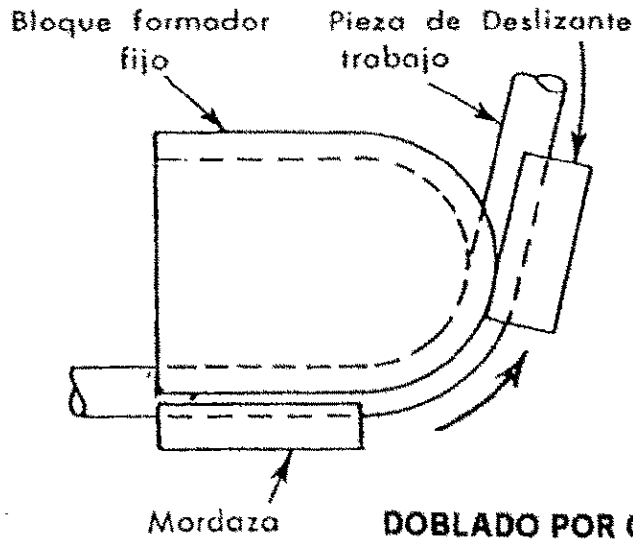


Figura 1

3. Proceso de doblado.

En el centro del tubo se inserta una barra denominada mandril que evita la formación de arrugas. El tubo al ser doblado debe rotar conjuntamente con la parte móvil con una palanca, en ese instante la barra llamada mandril, que se muestra en la figura 2,

fijada en la posición donde se realiza el curvado se desliza automáticamente en el interior del tubo a medida que se efectúa el doblado. El centro de la línea de curvado está situado aproximadamente a un tercio del diámetro del tubo hacia el lado del curvado. Por este detalle el tubo es curvado en su extensión sin mucho esfuerzo.

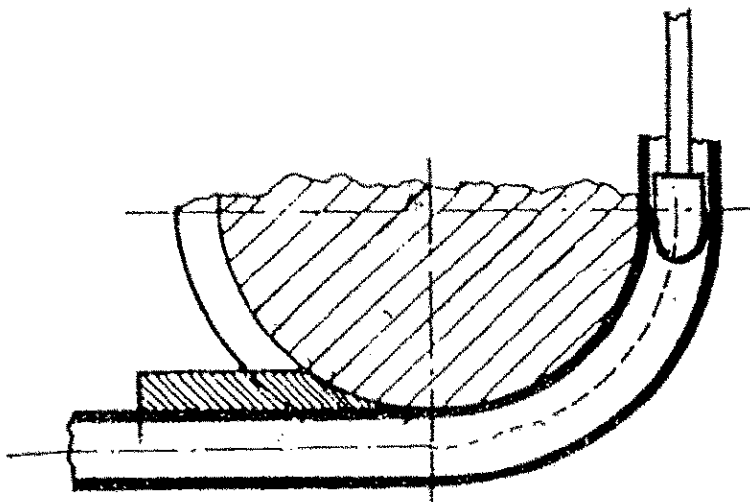


Figura 2



4. Consideraciones para el diseño.

4.1 Radio de curvatura.

La siguiente fórmula empírica (fórmula de Yazawa) se utiliza para calcular el radio mínimo de curvado; esta fórmula está basada principalmente en la ductilidad, y, el endurecimiento por trabajos y otros, omitiendo estos factores se tiene:

$$R_{min} = \left[\frac{1}{Ed} \left(63 - \frac{50}{D} t \right) + 0.13 \right] D \quad (1)$$

donde: Ed, porcentaje de elongación por tensión (%)
t, espesor de la pared del tubo
D, diámetro exterior

4.2 Ductilidad del material.

La ductilidad es la propiedad mecánica más importante del material, los materiales con excelente ductilidad proporcionan una superior capacidad de deformación, incluso para radios de curvatura pequeños. La ductilidad mide el grado de deformación que un material puede soportar sin

romperse. Se conocen dos procedimientos para medir la ductilidad del material:

a. Elongación

Conocido también como porcentaje de alargamiento, es decir la distancia de una probeta que se estira antes de romperse. La elongación se calcula mediante la siguiente relación:

$$Ed = \frac{(L_f - L_o) \times 100}{L_o} \quad (2)$$

donde: L_o , distancia inicial entre dos marcas,
 L_f , distancia entre dos marcas después de la ruptura de la probeta.

b. Estricción.

Es la reducción del área transversal que experimenta la probeta durante la prueba de ruptura:

$$\psi = \frac{(A_o - A_f) \times 100}{A_o} \quad (3)$$

donde: A_o , área transversal inicial,
 A_f , área transversal final

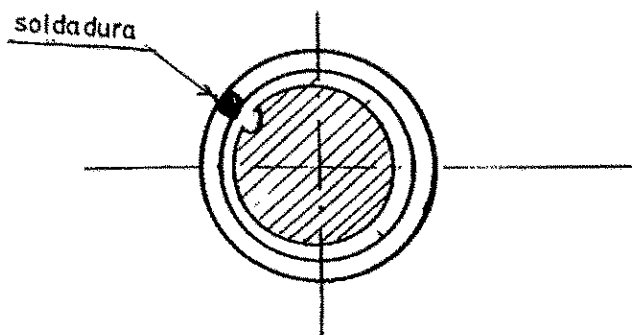


Figura 3



4.3 Arrugas y marcas.

El resultado más eficiente en el doblado de tubos es sin producir arrugas, para ello se debe asegurar firmemente las tensiones en la parte externa con los dados (patines), así como las tensiones en el interior, esto se logra con el mandril. En el curvado las arrugas ocurren con mayor frecuencia:

- a. Cuando la barra central (mandril) es retirada hacia atrás, antes que el tubo se doble en la sección correspondiente.
- b. Cuando existe excesiva luz entre la barra central y el tubo (la luz recomendable es de 0.20 - 0.30 mm).
- c. Cuando la presión es inadecuada.
- d. Cuando el curvado del tubo es tirado por torque retenido.
- e. Cuando el tubo no tiene la forma adecuada de cierre.

Las arrugas con mayor frecuencia son causadas considerablemente cuando la barra central es colocada en una posición inadecuada. Se hace más efectivo cuando se coloca en la posición que se muestra en la figura 2 que previene de las arrugas.

4.4. Variación del espesor de la pared.

Generalmente la variación del espesor de la pared del tubo tiene lugar en la parte externa del eje neutral, la variación del espesor de la pared depende de las propiedades mecánicas (principalmente la elongación), radio de curvatura, barra central, posición de doblado.

4.5 Deformación elíptica.

El radio de doblado más pequeño, genera la deformación elíptica más grande, cuando, la proporción del espesor de la pared a diámetro exterior son iguales.

Al contrario, la más pequeña proporción de espesor de la pared a diámetro exterior causa la deformación elíptica más grande para una relación de radio de doblado idéntico. Para doblado de radios pequeños, la deformación elíptica se expresa mediante la forma siguiente:

$$Elíptica = \frac{A - B}{\frac{1}{2}(A + B)} \times 100(\%) \quad (4)$$

Donde, A; eje mayor
B; eje menor

Los resultados experimentales son como sigue:

- R < 5,0D con 2 - 5 %
- R < 2,5D con 4 - 4 %

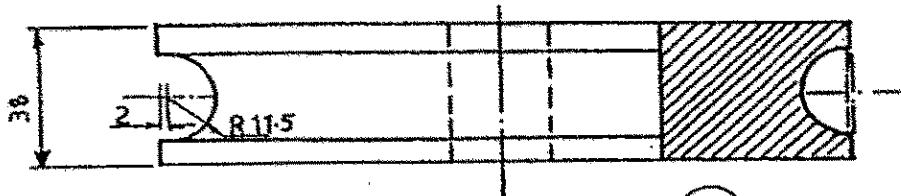
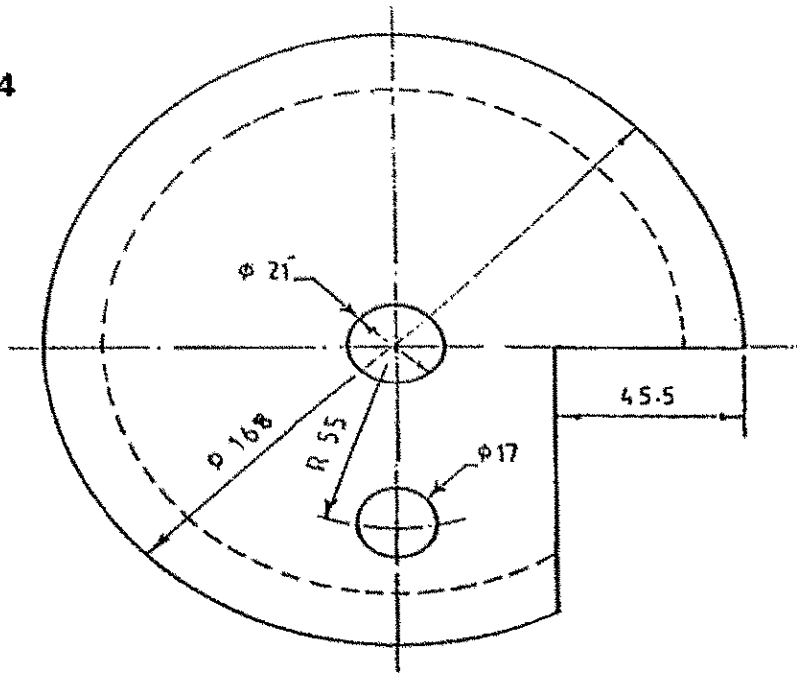
4.6 Relación entre la posición de la soldadura y el curvado.

Es recomendable la localización de la posición del cordón de soldadura de tubos a lo largo del eje neutro. En la figura 3 se muestra la posición óptima del cordón de soldadura de modo que para el saliente interior, se debe hacer una ranura en el mandril.

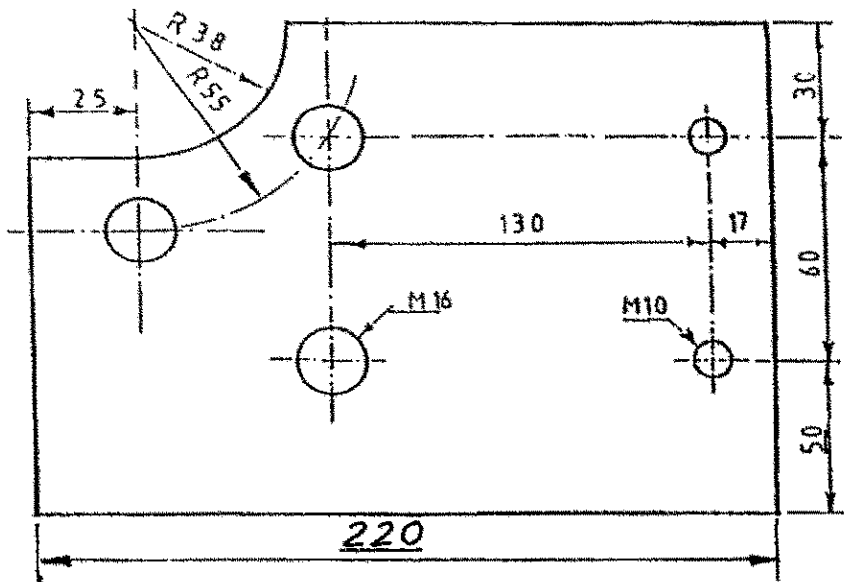
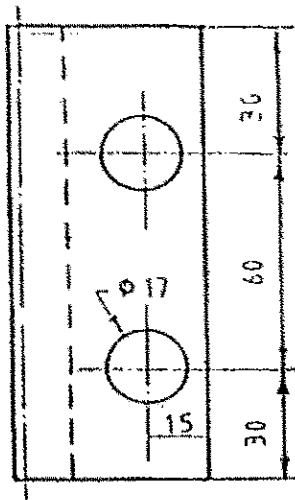
En base de las consideraciones indicadas, se ha construido la dobladora, cuya vista se muestran en la figura 4.



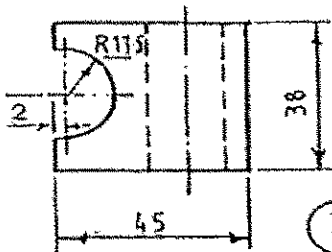
Figura 4



① MANDRIL - REQ. 1



③ BASE FF - E SP 12mm - REQ. 1



② MANDRIL - REQ. 1



Conclusiones.

La dobladora construida en el laboratorio de Máquinas – Herramientas, siguiendo las consideraciones de carácter técnico que hemos expuesto ha dado resultados satisfactorios, entre ellos el esfuerzo mínimo para el operario al utilizar una palanca con dimensiones específicas; el material (tubo) doblado no presenta deformación de su sección, ni tampoco la formación de arrugas en la zona correspondiente a compresión, donde se supone que el material está en exceso.

Se recomienda la fórmula (1) para determinar el radio de curvatura en función del diámetro del tubo y el espesor de su pared, y el porcentaje de elongación, resultado de pruebas de ensayo de tracción.

Bibliografía:

- Doyle, Lawrence; Proceso de Manufactura y Materiales de Ingeniería.
- Kutz, Myer; Enciclopedia de la Mecánica Ingeniería y Técnica