

### 3.3.6. REPUJADO DE PIEZAS DE METAL

El *repujado* es un proceso de formado de metal en el cual se da forma a una parte de simetría axial sobre un mandril u horma mediante una herramienta redondeada o rodillo. La herramienta o el rodillo aplican una presión muy localizada (en casi un punto de contacto) para deformar el material de trabajo por medio de movimientos axiales o radiales sobre la superficie de la parte. Las formas geométricas típicas que se producen por repujado incluyen conos, hemisferios, tubos y cilindros. Hay tres tipos de operaciones de repujado: 1) repujado convencional, 2) repujado cortante y 3) repujado de tubos.

**Repujado convencional** El repujado convencional es la operación de repujado básico. Como se ilustra en la figura 3.101, un disco de lámina se sostiene en el extremo de un mandril rotatorio que tiene la forma interior deseada para la parte final, mientras la herramienta o rodillo deforma el metal contra el mandril. En algunos casos la forma inicial puede ser diferente a la de un disco plano. Como se indica en la figura, el proceso requiere una serie de pasos para completar el formado de la parte. La posición de la herramienta la puede controlar un operador usando un punto de apoyo fijo para el apalancamiento necesario, o un método automático como control numérico. Estas alternativas son *repujado manual* y *repujado mecanizado*. El repujado mecanizado tiene la capacidad de aplicar fuerzas más altas a la operación, lo cual representa ciclos más rápidos y mayor capacidad en cuanto al tamaño del trabajo. También se logra un mejor control del proceso que en el repujado manual.

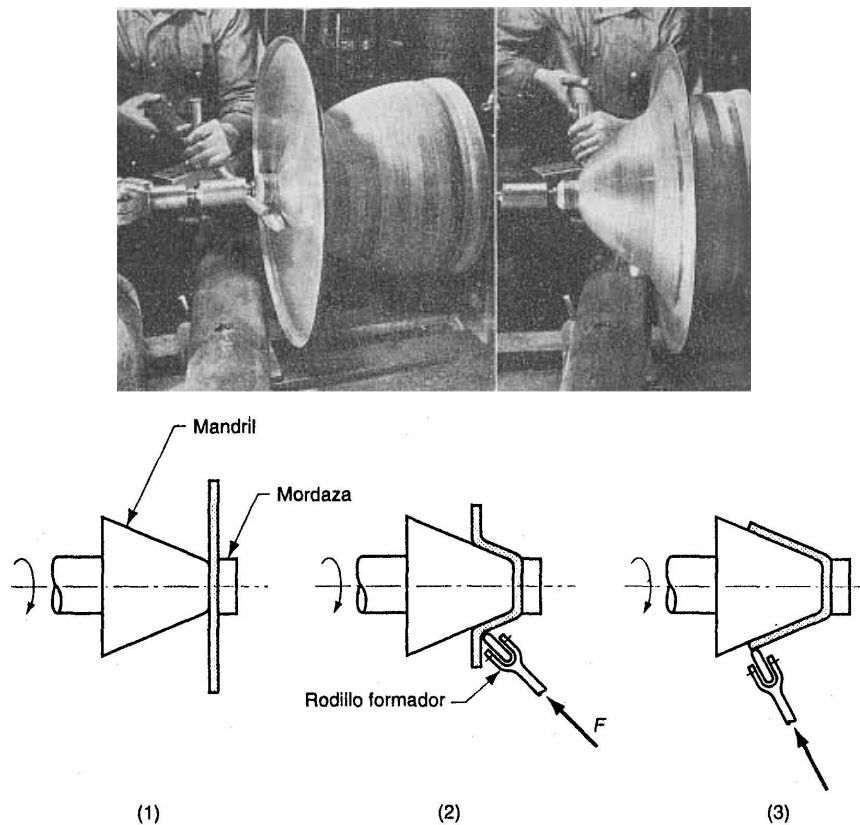


FIGURA 3.101 Repujado convencional: (1) disposición al iniciar el proceso, (2) durante el repujado y (3) proceso completo.

El repujado convencional dobla el metal alrededor de un eje circular en movimiento para conformar el metal de acuerdo a la superficie externa de un mandril de simetría axial. El espesor del metal permanece sin cambio (más o menos) respecto al espesor de la forma inicial. El diámetro de la forma debe ser algo más grande que el diámetro de la parte resultante. El diámetro inicial requerido se puede estimar asumiendo volúmenes constantes, antes y después del repujado.

La aplicación del repujado convencional incluye la producción de formas cónicas y curvas en bajas cantidades. Por este proceso se pueden hacer partes con diámetros muy grandes (hasta 5 m o más). Los métodos alternativos de formado de lámina podrían requerir altos costos en los dados. La horma de repujado se puede hacer de madera u otro material suave fácil de formar. Por tanto es una herramienta de bajo costo comparada con el punzón y dado requeridos para embutido profundo, que podría ser un proceso sustituto para algunas partes.

**Repujado cortante** En el *repujado cortante* se forma la parte sobre el mandril por medio de un proceso de deformación cortante en el cual el diámetro exterior permanece constante y el espesor de la pared se reduce, como se muestra en la figura 3.102. Esta deformación cortante y el consiguiente adelgazamiento del metal distinguen este proceso de la acción de doblado en el repujado convencional. Se han usado otros nombres para el repujado cortante, como *torneado de flujo*, *formado por corte* y *forjado rotatorio*. El proceso se ha aplicado en la industria aeroespacial para formar partes grandes como los conos para la nariz de los cohetes

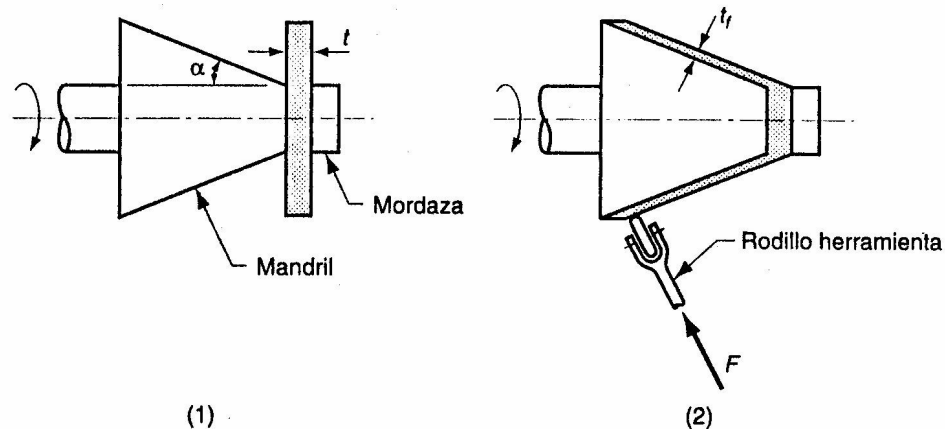


FIGURA 3.102 Repujado cortante: (1) disposición y (2) proceso terminado.

Para una forma cónica simple, el espesor resultante de la pared rechazada puede determinarse fácilmente a través de la relación de la ley de los senos:

$$t_f = t \cdot \text{sen} \alpha \quad (3.56)$$

Donde

$t_f$  = espesor final de la pared después de rechazada, (mm);

$t$  = espesor inicial de la forma, (mm);

$\alpha$  = ángulo del mandril (en realidad medio ángulo).

El adelgazamiento se cuantifica algunas veces por la reducción del repujado  $r$ :

$$r = \frac{t - t_f}{t} \quad (3.57)$$

Existen límites a la cantidad de adelgazamiento que puede soportar el metal en una operación de repujado con esfuerzo cortante antes de que ocurra la fractura. Esta reducción máxima se correlaciona bien con la reducción de área en el ensayo de tensión [6].

**Repujado de tubos** El repujado de tubos se usa para reducir el espesor de las paredes y aumentar la longitud de un tubo mediante la aplicación de un rodillo al material de trabajo sobre un mandril cilíndrico, como se muestra en la figura 3.103. El repujado de tubos es similar al repujado con deformación cortante salvo que la pieza inicial es un tubo en lugar de una forma plana. La operación se puede realizar aplicando el rodillo externamente contra el trabajo (usando un mandril cilíndrico en el interior del tubo) o internamente (usando un dado alrededor del tubo). También es posible formar perfiles en las paredes del cilindro, como se muestra en la figura 3.103(c), controlando el recorrido del rodillo al moverse tangencialmente a lo largo de la pared.

La reducción por repujado de tubos, la cual produce una pared de espesor uniforme, se puede determinar como en el repujado cortante por la ecuación 3.57.

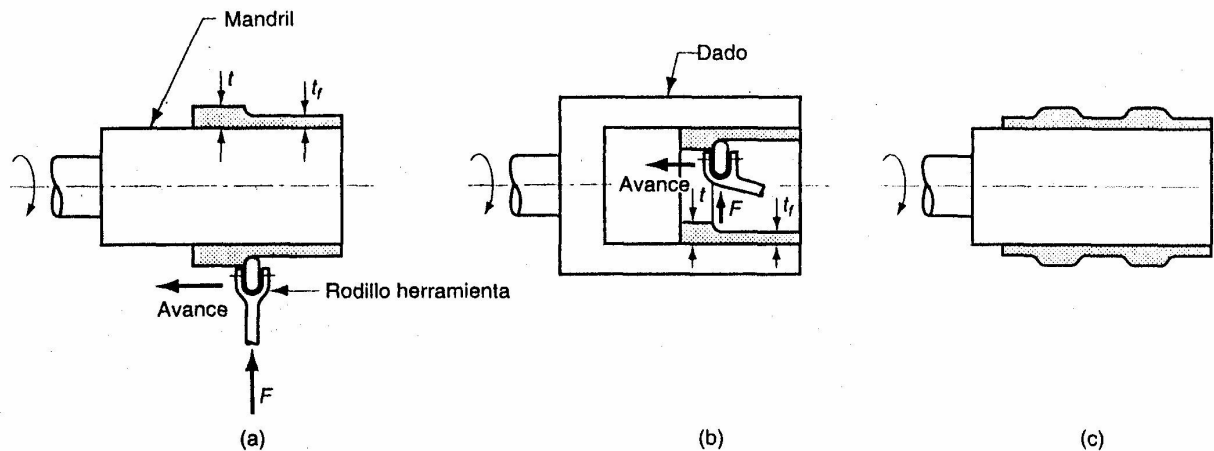


FIGURA 3.103 Repujado de tubos (a) externo, (b) interno y (c) perfilado.

### 3.3.7. PIEZAS ESTAMPADAS POR ROTACION

El estampado por rotación es un proceso aplicable a piezas cilíndricas hechas a partir de barras, tubos y alambres. El proceso altera el diámetro o la forma de estos materiales por medio de un gran número de impactos controlados, aplicados radialmente por uno o más pares de matrices opuestas (dados). Las matrices están formadas para dar a la pieza la forma requerida.

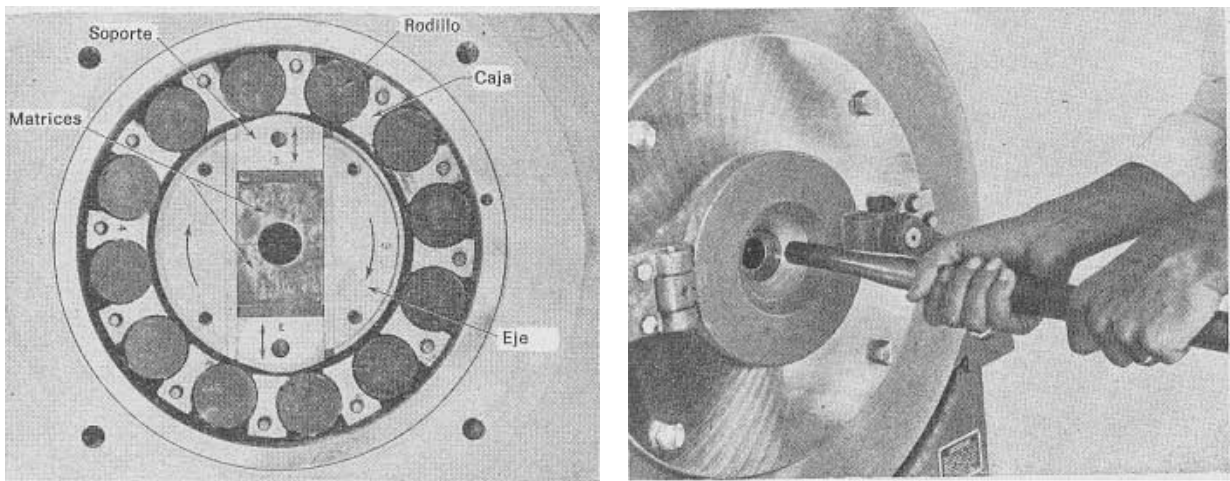


FIGURA 3.104 Movimientos de las matrices en una máquina estampadora rotatoria convencional. (Cortesía de Fenn Mfg. Co.)

En la máquina estampadora rotatoria común, mostrada esquemáticamente en la figura 3.104, el husillo gira para alejar las matrices y martillos de la pieza de trabajo y los coloca contra una caja con rodillos que rodea al husillo. Cada vez que se llevan los martillos directamente contra los rodillos, son empujados hacia adentro. Este paso fuerza las secciones de la matriz a cerrar y golpear la pieza de trabajo. Cuando los martillos se retiran de los rodillos, la matriz seccionada se abre y queda lista para el siguiente formado. La mayoría de las máquinas dan hasta 1000 golpes por minuto.

Una variación del proceso con la máquina rotatoria para estampado es el "estampado en matriz estacionaria". En este proceso, el husillo permanece estacionario y la caja de rodillos gira. La ventaja del proceso de matriz estacionaria es que permite producir perfiles de sección no redondas.

Algunas estampadoras están equipadas con miembros en forma de cuña colocados entre el martillo y los dados matrices. Cuando estas cuñas se retraen, hay una mayor abertura para extraer la pieza de trabajo. Por esta razón, es posible realizar reducciones de diámetro en diferentes posiciones entre los extremos de la pieza de trabajo, las cuales aun así pueden extraerse de la máquina. La figura 3.105 ilustra la operación de esta máquina, llamada "estampadora con matriz de cierre".

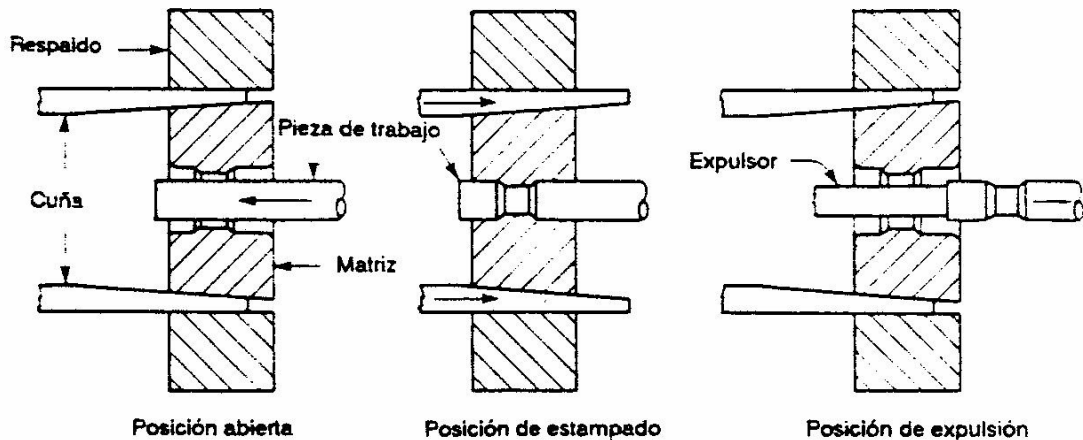


FIGURA 3.105 Elementos clave de una máquina estampadora de matrices de cierre. (Tomado del Metals Handbook, American Society for Metals.)

Debido a la resistencia a la entrada de la pieza de trabajo en la matriz (debido a la conicidad de la abertura de ésta), en algunos trabajos es necesario tener, para la pieza de trabajo, un alimentador mecánico o una alimentación con ayuda mecánica. Este puede consistir en una cremallera y piñón un alimentador de rodillos o un sistema hidráulico.

A menudo se emplean mandriles para soportar los tubos durante el estampado, en especial si el tubo es de pared delgada.

El "estampado plano" es una operación en prensa punzonadora o recaladora, el cual nada más se relaciona con el estampado rotatorio por el nombre. Incluye la reducción del espesor de toda o una porción de la pieza de trabajo hecha de placa metálica.

**Piezas típicas y sus aplicaciones** El estampado rotatorio es, invariablemente, para piezas de trabajo con forma tubular o de barra. La operación de estampado rotatorio reduce el diámetro exterior del material de trabajo y puede cambiar la forma exterior (o la forma interior en el caso de los tubos).

El límite de tamaño de piezas procesables por el estampado rotatorio abarca desde el diámetro mínimo posible de cerca de 0.5 mm hasta un tamaño normal para tubos de 150 mm. El máximo diámetro posible está en función del tamaño de la máquina estampadora y en teoría, no tiene límite si se construyera una máquina lo suficientemente grande. Se han construido máquinas para manejar tubos de 350 mm de diámetro; pero para el estampado de piezas sólidas, las necesidades de tonelaje limitan el diámetro máximo de las piezas que pueden estamparse a tamaños muchos menores.

Para el estampado de tubos muy pequeños sobre un mandril, se emplea un alambre flexible como mandril. Se ha usado alambre para piano de sólo 0.08 mm de diámetro.

El herramental para alimentación longitudinal permite procesar piezas de trabajo indefinidamente largas. El estampado rotatorio reduce el diámetro de grandes longitudes de tubo o alambre, recto o enrollado.

Las siguientes piezas han sido producidas, cuando menos en parte, por medio del estampado rotatorio: (1) Extremos aguzados de tubos y barras, preparados para el estirado en frío. (2) Tubos y barras cónicas para artículos como patas de muebles, palos de golf y varillas terminadas. (3) Reducción del diámetro de un tubo, barra o alambre en toda su longitud. (4) Pernos, punzones, agujas (incluyendo agujas para máquina de coser y ganchos para tejer), rayos de bicicleta, broches y herramientas dentales, así como otras piezas con conicidad o cambios en diámetro. (5) Piezas automotrices como tubos, barras de unión y tubos de escape. (6) Hojas para desarmadores convencionales y de cruz, puntas de cautines para soldar, extremos cuadrados en barras redondas y otras formas de sección irregular hechas en máquinas de matriz estacionaria. (7) Partes tubulares de sección irregular hechas a partir del estampado de tubos en mandriles formados. Ejemplos de esto son las llaves de caja (dados), cañones para rifle, reglas flexibles, etc. (8) Ensamble de conexiones para cables, alambres y mangueras. (9) Piezas con reducciones en el diámetro entre hombros. Un ejemplo son los tubos flexibles enrollados

Una aplicación adicional es la reducción del diámetro o la pared de artículos demasiado frágiles para procesar por otros métodos, como el estirado en frío. Un ejemplo es la reducción de la dimensión del

alambre de soldadura suave, otro es el calibrado final de los envases de pared delgada para lápices de labios.

**Recomendaciones de diseño** Hay límites para el ángulo de ahusamiento que se puede obtener con el estampado. Con piezas de trabajo alimentadas manualmente, el máximo ángulo alcanzable está entre  $6^\circ$  y  $8^\circ$ . Los ángulos mayores traen como consecuencia graves problemas en la alimentación. Con alimentación mecanizada, pueden obtenerse pendientes con ángulos hasta  $14^\circ$ . Es viable estampar pequeños componentes tubulares de metales suaves como el cobre con ángulos totales de hasta  $30^\circ$ . Para facilidad de fabricación, el ángulo de ahusamiento debe especificarse para que sea lo menor posible. (Véase Figura. 3.106)

Con las máquinas estampadoras convencionales no es posible tener hombros con mayor conicidad que el ángulo permitido por la pieza de trabajo y el montaje. Esto se debe a que cualquier porción de la pieza con diámetro reducido nada más se produce si se alimenta axialmente la pieza a las matrices cónicas. Con máquinas con matrices de cierre, la matriz puede alimentarse radialmente contra el flujo del material de trabajo y, por lo tanto, producir hombros mucho más cercanos a la perpendicular. Al permitir que el metal fluya y la matriz se separe, no es factible una pared perfectamente perpendicular por lo que el hombro deberá tener una pendiente de  $15^\circ$  en relación con la perpendicular véase Figura 3.107

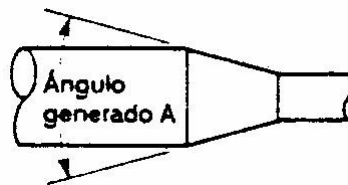


FIGURA 3.106 El ángulo de la sección cónica de piezas estampadas debe ser lo más pequeño posible. En alimentación manual (piezas pequeñas),  $A$  no debe exceder de  $6$  a  $8^\circ$ . Para la mayoría de aplicaciones con alimentación mecanizada,  $A$  no debe pasar de  $14^\circ$ . Para tubos de aluminio o cobre de diámetro pequeño manejados con alimentación mecanizada,  $A$  puede llegar a ser de  $30^\circ$ .

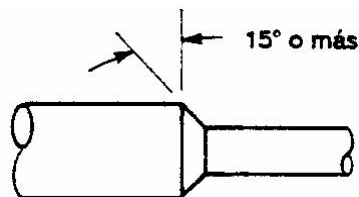


FIGURA 3.107 El máximo ángulo de los hombros en una máquina de matrices de cierre es de  $15^\circ$  sobre la perpendicular.

Cuando se estampa tubo sin mandril, la pared engruesa en proporción a la cantidad de reducción del diámetro y las especificaciones de diseño deben tener en cuenta esto. Por ejemplo, un tubo de  $50$  mm de diámetro y  $1 - 3$  mm de espesor de pared estampado a  $25$  mm de diámetro, tendrá un incremento en

el espesor de pared a 2.5 mm. También hay algún alargamiento del material, aun cuando esto no es proporcional (a menos que se use un mandril).

Por lo general se prefiere, a fin de tener menores costos por unidad y herramental, estampar tubos sin mandril. Sin embargo, esta práctica generalmente se encuentra limitada a tubos gruesos cuyo diámetro no es mayor a 25 veces el espesor de pared. Este límite es necesario para evitar arrugamiento del material, aunque con muy bajas velocidades de alimentación y ángulos de  $6^\circ$  se han estampado tubos con diámetro hasta 70 veces el espesor de pared sin usar mandril.

Es mejor limitar la longitud de las secciones cónicas al máximo que puede estamparse en un paso con la máquina disponible. Es posible, por medio de operaciones sucesivas, estampar un ahusamiento continuo de cualquier longitud. Sin embargo, las áreas donde se sobreponen pasadas sucesivas están sujetas a tener algunas marcas sin importar cuán cuidadosamente sean hechas las matrices de estampado. Las máquinas disponibles en el mercado para ahusamientos largos trabajan conicidades de 375 mm en tubos de hasta 56 mm de diámetro.

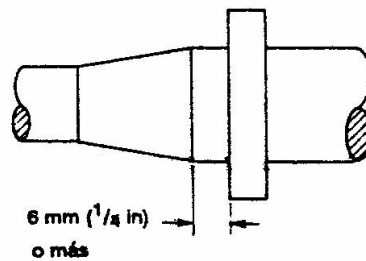


FIGURA. 3.108 Tolerancia mínima entre hombros y áreas estampadas.

Cuando se va a intentar estampar una pieza con hombro, se debe dejar, como tolerancia para la matriz, 6 mm entre el hombro y el comienzo de la sección cónica véase Figura. 3.108.

Las ranuras internas y cualquier otra forma interna irregular, requieren conicidades muy ligeras para facilitar la remoción del mandril de la pieza estampada. Las tolerancias en el diámetro interior también deben permitir la salida del mandril. Una conicidad común es de 0.1 mm/m longitud.

Cuando se usan máquinas estampadoras con matrices de cierre, la máxima reducción de área posible en cada paso es del 25% debido a la configuración de la matriz y de la cuña. Con reducciones centrales, esta es la máxima reducción que puede lograrse sin importar el número de pasos; de otra manera, no podría removerse la pieza de la matriz véase Figura 3.109.

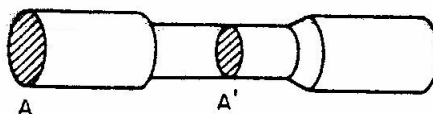


FIGURA. 3.109 Las estampadoras de matrices de cierre, debido a la configuración de la matriz y la máquina, están limitadas a una reducción máxima del 25% en el área transversal en piezas que estampa. A = área transversal original; A' área transversal estampada.

Cuando se estampa con mandriles perfilados, el máximo ángulo especial para acanalados o ranuras ubicadas sobre el eje longitudinal es de 30°.

### 3.3.8. PIESAS ELECTROFORMADAS

El *electroformado* es la producción de artículos por electrodeposición (sección 3.3.81). El *electroformado* implica la deposición electrolítica de metal en un patrón hasta obtener el grosor requerido, después se remueve el patrón para dejar la parte formada. Mientras que el grosor de una deposición común es de sólo aproximadamente 0.05 mm o menos, con frecuencia, las partes electroformadas son mucho más gruesas, por lo que el ciclo de producción es proporcionalmente más largo,

Los modelos usados en el electroformado son: 1) sólidos o 2) desechables. Los patrones sólidos tienen un ahusamiento u otra geometría que permite la remoción de la parte *electrodepositada*. Los modelos desechables se destruyen durante la remoción de la parte, y se usan cuando la forma de la parte imposibilita un patrón sólido. Los modelos desechables son fusibles o solubles. Los de tipo fusible están hechos de aleaciones de baja fusión, plásticos, cera u otro material que puede removerse por fusión. Cuando se usan materiales no conductivos, el patrón o modelo debe metalizarse para aceptar el recubrimiento electrodepositado. Los de tipo soluble están hechos de un material que puede disolverse con facilidad mediante productos químicos por ejemplo, el aluminio se disuelve en hidróxido de sodio.

Por lo general, las partes electroformadas se fabrican de aleaciones de cobre, níquel y níquelcobalto. Las aplicaciones incluyen moldes y dados finos; entre los ejemplos están los moldes para lentes, los discos, fonográficos y las placas para estampar e imprimir. Una aplicación reciente con mucha demanda implica la producción de moldes para discos compactos de lectura mediante láser y discos de video. Los detalles de la superficie que deben imprimirse en un disco compacto se miden en micrones. Estos detalles se obtienen con facilidad en el moldeado mediante electroformado.

#### 3.3.8.1. Electrodeposición

La *electrodeposición*, también conocida como *recubrimiento electroquímico*, es un proceso electrolítico en el cual se depositan iones metálicos en una solución electrolítica dentro de una parte de trabajo que funciona como cátodo. La disposición se muestra en la figura 3.110. El ánodo está hecho generalmente del metal que se recubre y, por tanto, funciona como fuente del metal recubierto. Se pasa corriente directa de un transformador de corriente externo entre el ánodo y el cátodo. El electrolito es una solución acuosa de ácidos, bases o sales que conduce corriente eléctrica mediante el movimiento de iones metálicos del recubrimiento en solución. Para resultados óptimos, las partes deben pasar por una limpieza química justo antes de la electrodeposición.



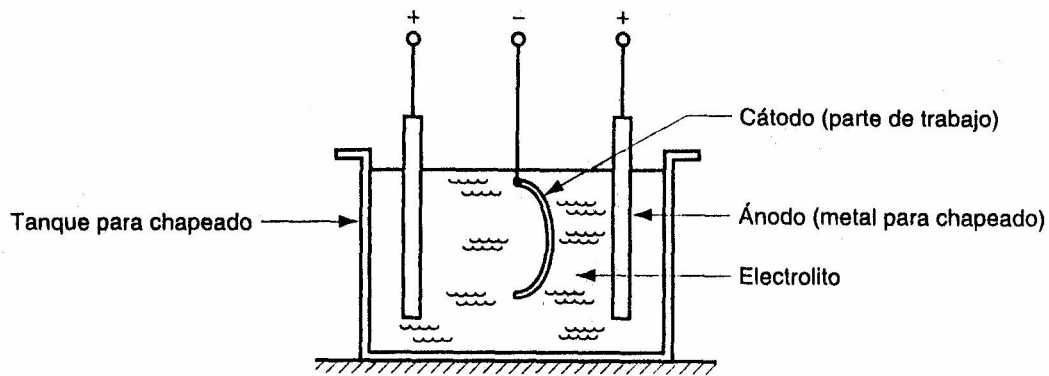


FIGURA 3.110 Disposición para la electrodeposición.

**Principios de la electrodeposición** El recubrimiento electroquímico se basa en dos leyes físicas de Faraday. En resumen y para nuestros propósitos, las leyes plantean que: 1) la masa de una sustancia liberada en electrólisis es proporcional a la cantidad de electricidad que pasa por la celda, y 2) la masa del material liberado es proporcional a su equivalente electroquímico (la razón de peso atómico a valencia). El efecto se resume en la ecuación:

$$V = Cit \quad (3.58)$$

Donde

$V$  = volumen de metal recubierto, ( $\text{cm}^3$ );

$C$  = constante de recubrimiento, que depende del equivalente electroquímico y la densidad en ( $\text{cm}^3/\text{A s}$ );

$I$  = corriente, en (A);

$t$  = tiempo durante el que se aplica la corriente, en (seg).

El producto  $It$  (corriente x tiempo) es la carga eléctrica depositada en la celda y el valor de  $C$  indica la cantidad de material chapeado que se deposita en la parte de trabajo catódica.

Para la mayoría de los metales chapeados, no toda la energía eléctrica del proceso se usa para deposición; una parte se consume en otras reacciones, tal como la liberación de hidrógeno en el cátodo. Esto reduce la cantidad de metal chapeado. La cantidad real de metal depositado en el cátodo (parte de trabajo) dividida por la cantidad teórica, que proporciona la ecuación (3.58), se denomina la *eficiencia del cátodo*. Considerando la eficiencia del cátodo, una ecuación más precisa para determinar el volumen de metal chapeado es:

$$V = ECIt \quad (3.59)$$

Donde

$E$  = eficiencia de cátodo y los otros términos son iguales a la definición anterior.

Los valores típicos de la eficiencia de cátodo  $E$  y la constante de recubrimiento  $C$  para diferentes metales se presentan en la TABLA 3.6.

TABLA 3.6 Eficiencia típica del cátodo en la electrodeposición y valores de la constante de recubrimiento  $C$

Metal para chapear <sup>a</sup>	Electrolito	Eficiencia de cátodo, %	Constante de chapeado $C^a$ $\text{cm}^3/\text{A seg}$
Cadmio (2)	Cianuro	90	$6.73 \times 10^{-1}$
Cromo (3)	Cromo-sulfato ácido	15	$2.50 \times 10^{-5}$
Cobre (1)	Cianuro	98	$7.35 \times 10^{-5}$
Oro (1)	Cianuro	80	$10.6 \times 10^{-5}$
Níquel (2)	Sulfato ácido	95	$3.42 \times 10^{-5}$
Plata (1)	Cianuro	100	$10.7 \times 10^{-1}$
Estaño (4)	Sulfato ácido	90	$4.21 \times 10^{-5}$
Zinc (2)	Cloruro	95	$4.75 \times 10^{-5}$

Recopilado de [6].

<sup>a</sup> La valencia más común se proporciona entre paréntesis éste es el valor supuesto para determinar la constante de recubrimiento  $C$ . Para una valencia diferente, calcular la nueva  $C$  multiplicando el valor de  $C$  en la tabla por la valencia más común y después dividir por la valencia nueva.

El grosor de chapeado promedio se determina a partir de lo siguiente:

$$d = \frac{V}{A} \quad (3.60)$$

Donde

$d$  = grosor de chapeado, (cm)

$V$  = volumen de metal chapeado a partir de la ecuación (3.59);

$A$  = área de superficie de la parte chapeada, en ( $\text{cm}^2$ ).

### EJEMPLO 3.9 Electrodeposición

Se va a recubrir con níquel una parte de acero cuya área de superficie  $A = 130 \text{ cm}^2$ . ¿Qué grosor de chapeado promedio se producirá si se aplican 12 A durante 15 minutos en un baño electrolítico con cianuro?

**Solución:** De la TABLA 3.6, la eficiencia de cátodo para el níquel es  $E = 0.95$  y la constante de recubrimiento  $C = 3.42 \times 10^{-5}$

Usando la ecuación (3.52), la cantidad total de metal chapeado que se deposita en la superficie de la parte en diez minutos se proporciona mediante

$$V = ECIt = 0.95 \cdot 3.42 \times 10^{-5} \cdot 12 \cdot 900 = 0.35 \text{ cm}^3$$

Esto se extiende a través de un área  $A = 130 \text{ cm}^2$ , por lo que el espesor del recubrimiento o chapeado promedio es:

$$d = \frac{V}{A} = \frac{0.35}{130} = 0.0027 \text{ cm}$$

**Métodos y aplicaciones** Existen diversos equipos para la electrodeposición y su elección depende del tamaño y la geometría de partes, los requisitos de resultados y el metal para recubrir. Los métodos principales son: 1) deposición en tambor, 2) deposición en estantes y 3) deposición en tiras. La *deposición en tambor* se realiza en tambores rotatorios orientados en forma horizontal o en un ángulo oblicuo ( $35^\circ$ ). El método es conveniente para el recubrimiento de muchas partes pequeñas en un lote. El contacto eléctrico se mantiene a través de la acción de frotado de las partes y mediante un conductor conectado externamente que se proyecta dentro del tambor. Existen limitaciones para la deposición en tambor; la acción de frotado inherente al proceso puede provocar daño en las partes de metal suave, en los componentes roscados, en las partes que requieren buenos acabados y en las partes pesadas con bordes afilados.

La *deposición en estantes* se usa para partes que son demasiado grandes, pesadas o complejas para la deposición en tambores. Los estantes están hechos de alambre de cobre de calibre pesado con formas adecuadas para contener las partes y conducir la corriente a través de ellas. Los estantes se fabrican de modo que las partes de trabajo puedan colgarse en ganchos o sostenerse apretadas o cargadas en canastas. Para evitar la deposición del cobre mismo, los estantes se cubren con aislante, excepto en las partes donde existe contacto. El *recubrimiento en tiras* es un método de alta producción, en el cual el trabajo consiste en una tira continua que se jala a través de la solución para chapeado mediante un riel de alimentación. El alambre recubierto es un ejemplo adecuado de su aplicación. Mediante este método también se recubren partes de láminas metálicas pequeñas sostenidas en una larga tira. El proceso puede prepararse de modo que sólo se involucren las regiones específicas de las partes; por ejemplo, los puntos de contacto clipeados con oro en los conectores eléctricos.

Los metales para recubrimiento más comunes en la electrodeposición incluyen el zinc, el níquel, el estaño, el cobre y el cromo. El acero es el metal de sustrato más común. También se chapean los metales preciosos (oro, plata y platino) en joyería. El oro también se usa para contactos eléctricos.

Los productos de acero *recubiertos con zinc* incluyen sujetadores, artículos con alambres, cajas de interruptores eléctricos y diferentes partes de láminas metálicas. El recubrimiento con zinc funciona como una barrera que se sacrifica para evitar la corrosión del metal que está debajo. Un proceso alternativo para recubrir acero con zinc es el galvanizado. Se usa el *recubrimiento con níquel* para resistir la corrosión y con propósitos decorativos sobre acero, bronce, colados en zinc y otros metales. Las aplicaciones incluyen ajuste automotriz y otros bienes de consumo. El níquel también se usa como una cubierta base, bajo una lámina de cromo muy delgada. El *recubrimiento de estaño* se usa ampliamente,

el cual protege contra la corrosión a las latas de estaño y otros envases para alimento. También se usa para mejorar la soldabilidad de componentes eléctricos.

*El cobre* tiene varias aplicaciones importantes como metal de recubrimiento. Se usa ampliamente como recubrimiento decorativo en acero y zinc, ya sea solo o en aleaciones con zinc tal como la deposición de bronce. También tiene aplicaciones importantes en tableros de circuitos impresos. Por último, con frecuencia el cobre se recubre sobre el acero como una base, bajo una cubierta de níquel o cromo. El *recubrimiento con cromo* (conocido popularmente como "cromado") se valora por su aspecto decorativo y se usa ampliamente en aplicaciones automotrices, de muebles para oficina y de aparatos eléctricos para la cocina. También produce uno de los recubrimientos electrodepositados más duros, y por esta razón se usa ampliamente para partes que requieren resistencia al desgaste, por ejemplo, pistones hidráulicos y cilindros, anillos de pistones, componentes de motores de aeronaves, guías roscadas en maquinaria textil y aplicaciones similares.