

4/5

Recobrizado de Cilindros Para el Estampado en Telas

TESIS PROFESIONAL

ALICIA MARTINEZ PEDREGAL



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

FACULTAD DE QUIMICA "BERZELIUS"
(U. I. A.)

Incorporada a la Universidad Nacional Autónoma de México

Recobrizado de Cilindros Para el Estampado en Telas

T E S I S

Que para su Examen Profesional
de Ingeniero Químico

P r e s e n t a

ALICIA MARTINEZ PEDREGAL

MEXICO, D. F.

1959

A mis padres:

José Martínez Cuartas

y

Adela Pedregal de Martínez

A mis hermanos:

José, Carmen y Adela.

A la memoria de:

Agustina.

A mi maestro:

Dn. Luis M. Vereu

A los Ingenieros:

Luis Purón P.

Javier Avila C.

A mis maestros y compañeros.

I.—INTRODUCCION.

S U M A R I O

- I.—INTRODUCCION.
- II.—METODOS DE COBRIZADO.
- III.—CONTROL ANALITICO DE LOS BAÑOS DE COBRIZADO.
- IV.—DETERMINACION DE LA GRAFICA DE TRABAJO.
- V.—BALANCE ECONOMICO.
- VI.—CONCLUSIONES.
- VII.—BIBLIOGRAFIA.

I.—INTRODUCCION.

Habiéndose observado las necesidades de la fábrica, en cuanto al consumo de cilindros para estampación, los cuales con el uso van perdiendo su espesor y obviamente, sería necesario tener en almacén gran número de cilindros, de distintos espesores, según sea el dibujo a estampar; ya que como un ejemplo, diremos que, por dibujo se necesitan un promedio de 6 cilindros; lo cual da la idea del número tan grande que se necesitan en existencia; también es cierto, que los diámetros necesarios oscilan entre 390 y 425 mm., lo cual es un gran margen; pues si se usan para determinado dibujo, cilindros de 425. con el desgaste y pulido posterior nos pueden quedar aún de un diámetro utilizable para otro dibujo que así lo requiera; pero puede llegar un momento en el cual se necesiten por ejemplo 6 cilindros de 400, y nosotros sólo tengamos en existencia 2 de ese diámetro y los restantes de uno inferior, esto nos traería como consecuencia una inversión relativamente fuerte y además se tendría como desperdicio gran número de cilindros de diámetro inútil, con la consecuente pérdida económica.

Por todo lo anteriormente expuesto se estudió un tratamiento galvanotécnico, el cual además de representar una economía, presenta las ventajas de obtener mediante el recobrizado, cilindros del diámetro necesarios a partir de los ya existentes, sin gran inversión de tiempo y con una reserva mínima de cilindros.

Los métodos galvanotécnicos consisten básicamente en la producción de una película metálica, sobre objetos de metal y, también, sobre un reducido número de artículos que no lo son. Estas películas son delgadísimos revestimientos de algún otro metal o metales o bien del mismo, sobre la superficie primitiva del objeto. Este revestimiento puede aplicarse con fines puramente decorativos y después de su aplicación, caben diversos tratamientos químicos o electroquímicos con la obtención consiguiente de colores o acabados diversos. Otras veces la finalidad puede ser aumentar la resistencia contra la corrosión del metal primitivo, alargando su vida industrial. Estos métodos permiten el uso de metales relativamente baratos, de los cuales puede fabricarse el objeto en cuestión, recubriéndose luego éste

con una o varias capas de otros metales para mejorar su aspecto externo o para aumentar su resistencia ante los agentes atmosféricos, o del medio en que se trabaja. Hay una especialidad en la galvanotecnía dedicada a reparar artículos averiados, en la cual se llega a aplicar capas de metal relativamente gruesas.

En general, el metal que ha de constituir el depósito o película, se disuelve de un ánodo de materia sumergido en un electrólito, que contenga iones del metal, los cuales se depositan sobre el objeto que se trata de recubrir, (que actúa de cátodo).

Esta disposición puede modificarse empleando un ánodo insoluble y entonces el metal que va a depositarse procede de una sal disuelta en el baño galvánico.

Todos los artículos a ser recubiertos, deben de ir precedidos por un método de limpieza, para eliminar cualquier impureza que ya en el acabado, haría de éste que tuviera una presentación mala, además, de otras anomalías.

La preparación de los baños es lo básico de cualquier revestimiento, ya que hay que considerar varios factores tanto en ellos como en la operación misma, para obtener depósitos buenos.

Los diversos constituyentes de las soluciones galvánicas, respecto a la razón para su uso, pueden caer dentro de las siguientes clases:

- 1.—A proveer del metal.
- 2.—Aumentar la conductividad de la solución.
- 3.—Aumentar o disminuir la concentración del ión metálico.
- 4.—Aumentar la corrosión anódica.
- 5.—Regular el pH.
- 6.—Modificar las características del depósito.

Respecto a las variaciones en las condiciones de operación, hay varios factores de suma importancia, de los cuales depende la clase de depósito, siendo los principales: densidad de la corriente, temperatura, concentración del metal, agitación, estructura del metal base, distribución del metal, etc. Estos factores serán tratados más adelante como complemento a los métodos de operación.

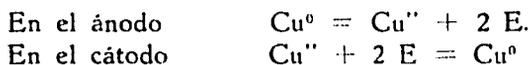
II.--METODOS DE COBRIZADO.

Existen dos métodos básicos de cobrizado: ácido y alcalino. En el ácido se encuentra el cobre en estado bivalente y en el alcalino en monovalente. El método de cianuro alcalino, y de sulfato ácido son los más empleados actualmente; sin embargo el último es preferible para determinados usos, debido a su estabilidad química y bajo costo, además que el medio ácido, aumenta la conductividad, evita la formación de sulfato cuproso (Cu_2SO_4) y tiene el efecto del ión común. Lo que determina de un modo absoluto, la elección del baño, es el tipo de trabajo y la naturaleza del metal base.

El cobrizado con solución de sulfato ácido, aunque tiene un empleo fácil, no puede aplicarse a la depositación directa del cobre, sobre superficies metálicas que desplacen al cobre de la solución; por lo cual el cobrizado por vía de cianuro, encuentra gran aplicación para revestir hierro. Para la producción de depósitos gruesos de cobre, sobre metales como el hierro, se acostumbra formar un depósito inicial de cobre (mediante un baño de cianuro) y seguir con la precipitación de la parte principal del recubrimiento, en una solución de sulfato ácido. Ya que como nuestros cilindros son totalmente de cobre, es obvio el empleo de soluciones de sulfato ácido.

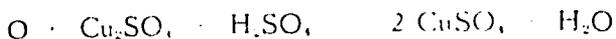
Las soluciones ácidas son por lo regular mezclas de sulfato de cobre (CuSO_4) y ácido sulfúrico (H_2SO_4); la de cianuro es básicamente una solución de cuprocianuro sódico con carbonato de sodio, para inhibir la formación de ácido cianhídrico (HCN), el cual como se sabe, es altamente tóxico.

Las reacciones que se efectúan en el cobrizado por vía ácida, usando ánodos de cobre electrolítico (99.99% de pureza) son:



en cuyo caso la concentración permanece constante.

En la práctica se puede formar Cu_2SO_4 , ya que parte del cobre que pasa a solución, pasa monovalente, pero el H_2SO_4 lo evita.



el O proviene del que se encuentra disuelto, o bien, si se usa agitación por aire.

El electrolito se va concentrando en $CuSO_4$ y va disminuyendo su acidez; por lo que hay que acidular, periódicamente la solución.

PREPARACION DE LAS PIEZAS

La preparación de las piezas, como ya se hizo mención, es tan importante como la operación del recubrimiento propiamente dicho, para obtener depósitos de buena calidad, adherentes e impenetrables. Como condición previa, indispensable se requiere que el artículo que va a recubrirse esté absolutamente limpio. Las principales impurezas que pueden adherirse a las superficies metálicas son de dos clases:

- a).—Oxidos o productos afines de origen corrosivo.
- b).—Substancias orgánicas como grasas, aceites, etc.

Al eliminar estas impurezas cualquier otra que se encuentre, quedará eliminada.

Los óxidos se pueden eliminar por medio de abrasión mecánica o por un tratamiento ácido, en caso de utilizarse éste último se debe primeramente eliminar las substancias orgánicas las cuales se eliminan con soluciones alcalinas calientes, con detergentes, o con ortofosfato sódico.

En nuestro caso, dadas nuestras necesidades, los cilindros se someten primeramente a la acción de una solución alcalina, con la formulación siguiente:

Fosfato trisódico	25.0 g/l.
Silicato de sodio	25.0 g/l.
Agente moderador	0.75 g/l.
Temperatura del baño	80-90°C

Mientras el fosfato trisódico y sobre todo, el metasilicato de sodio tienen acción peptizante, detergente y moderadora, los agentes adicionales (Teepol, Igepón T, Permanol, etc.), que son, por lo general compuestos aromáticos sulfonados, reducen la tensión superficial del líquido aumentando su poder detergente.

Cuando no se agreguen los agentes moderadores, es necesario poner mayor atención al tiempo de inmersión, para prevenir el ataque de la superficie metálica.

Después de haberse desengrasado el rodillo, se sumerge en agua, a eliminar cualquier traza de álcali, a continuación se somete a la acción de una solución de H_2SO_4 al 2%, para quitar todos los óxidos que se pudieran encontrar, y finalmente, se vuelve a lavar, quedando en esta forma listo para el recobrizado.

PREPARACION DEL BAÑO

Como regla general para la preparación del baño, debe procederse de la siguiente manera:

La sal o sales, nunca deben de ponerse directamente en la cuba de electrólisis, ya que pueden dejar sedimentos los cuales hay que filtrar, para tener un electrólito claro y sin impurezas.

Se disuelve primeramente el $CuSO_4$ con 9/10 de agua de la cantidad teórica del baño. Se conectan los calentadores y se agita constantemente hasta completa disolución de la sal. Posteriormente se agrega el sulfúrico, con cuidado y en pequeñas cantidades.

Después de agitar y mezclar el líquido se bombea a través de un filtro a la cuba, por medio de una bomba. Se agrega el resto del agua a llevar al volumen prescrito del baño.

Las proporciones del baño son:

$CuSO_4$	220 gr/lt.
H_2SO_4	50 gr/lt.

Las cubas son de acero inoxidable recubiertas con caucho.

FIJACION DE LOS RODILLOS

Los cilindros se transportan en carros. La flecha, en donde se coloca el cilindro, tiene en uno de sus extremos un bushing de contacto y una polea para banda, en donde se conecta el motor, que es el que mueve rotatoriamente el cilindro, para mayor uniformidad del depósito; tiene además unos separadores de plástico dimensionados de tal forma que quede el cilindro exactamente a la mitad del baño y unos discos con empaque de hule.

Al insertar el cilindro a la flecha, primeramente se colocan los separadores de plástico, a continuación el disco con el empaque de hule, el cilindro, el otro disco con empaque y por último el separador de plástico y el bushing de contacto.

En estas condiciones, se ajustan los tornillos fijadores del sistema.

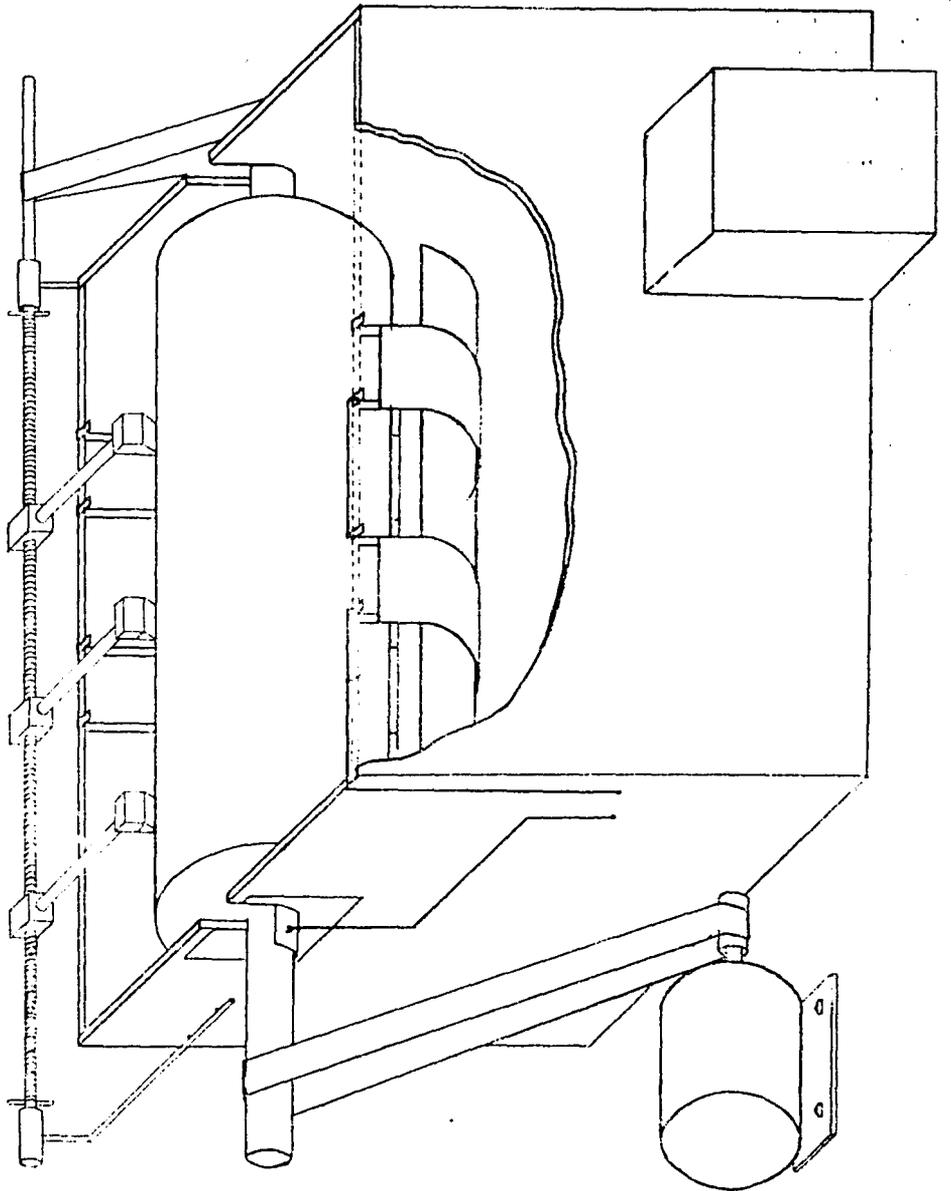
Se sumerge posteriormente el cilindro en el baño, previamente desengrasado y desoxidado, dándole unas vueltas a mano a una total impregnación con la solución; en caso de que no se adhiera uniformemente la solución al cilindro, indica que la limpieza del cilindro no fué bien hecha y debe procederse a limpiarse nuevamente.

Sobre los cilindros se ponen los pulidores de ágata, los cuales nos van a permitir ir rebajando, lo sobrante del cobre depositado, a dejar una película uniforme en toda la longitud del cilindro.

METODO DE OPERACION

Se fijan los cepillos de contacto con el bushing, se aplica la banda y el switch del motor para el movimiento. Se conecta el rectificador de corriente, ajustando el amperaje requerido.

Los pulidores de ágata no se aplican durante los primeros 20 minutos del cobrizado. Posteriormente se aplican las ágatas bajando los brazos correspondientes, se deben poner con todo cuidado las ágatas sobre el cilindro. Previamente se deben ajustar las ágatas, que son tres, a la longitud del cilindro por cobrizar, y se pone en marcha el sistema de pulido, poniendo el interruptor del motor en movimiento.



(Figura 1)

Se debe tener especial cuidado, de poner la presión necesaria sobre las ágatas, para estar seguros de que corran uniformemente sobre el cilindro, sin brincar y también, debe observarse el pulido durante toda la operación.

Se continua el cobrizado hasta aplicar el espesor requerido, después se elevan los soportes de las ágatas, desconectando el sistema de pulido y el rectificador. Se saca el cilindro del baño y se lava con agua, y se deja secar.

La cuba electrolítica (Fig. 1) tiene las siguientes dimensiones: 1.40 mts. de largo; 0.70 mts. de ancho y 0.90 mts. de profundidad y da una capacidad efectiva de 880 lts.

El baño se hace en dos partes; la primera se preparan 400 lts. disolviendo 88 Kg. de CuSO_4 en aproximadamente 360 lts. de agua cuando la sal esté completamente disuelta, se añaden 20 Kg. de H_2SO_4 , lentamente, se deja enfriar y reposar con el fin de que se deposite cualquier impureza y posteriormente se lleva al volumen prescrito. Aproximadamente después de 1 hora se procede a hacer la segunda parte en la misma forma que la anterior, añadiéndola a la cuba posteriormente.

III.—CONTROL ANALITICO DE LOS BAÑOS
DE COBRIZADO.

La composición del electrolito para el cobrizado, es tal, que todos los componentes permanecen constantes, durante un periodo relativamente grande; siempre y cuando se utilicen ánodos de cobre electrolítico (99.99% de pureza).

El baño preparado en las condiciones anteriormente descritas, tendrá un peso específico de 20 a 21 °Bé a 20° C.

No obstante lo anterior, es necesario tener un control sobre la acidez y el contenido de CuSO_4 , en el baño.

A intervalos regulares de tiempo, es necesario tomar la densidad del baño, la cual nos va a dar un índice aproximado de su composición, en caso de alguna duda en alguno de los componentes se procede a tomar muestras y analizarlas en la forma siguiente:

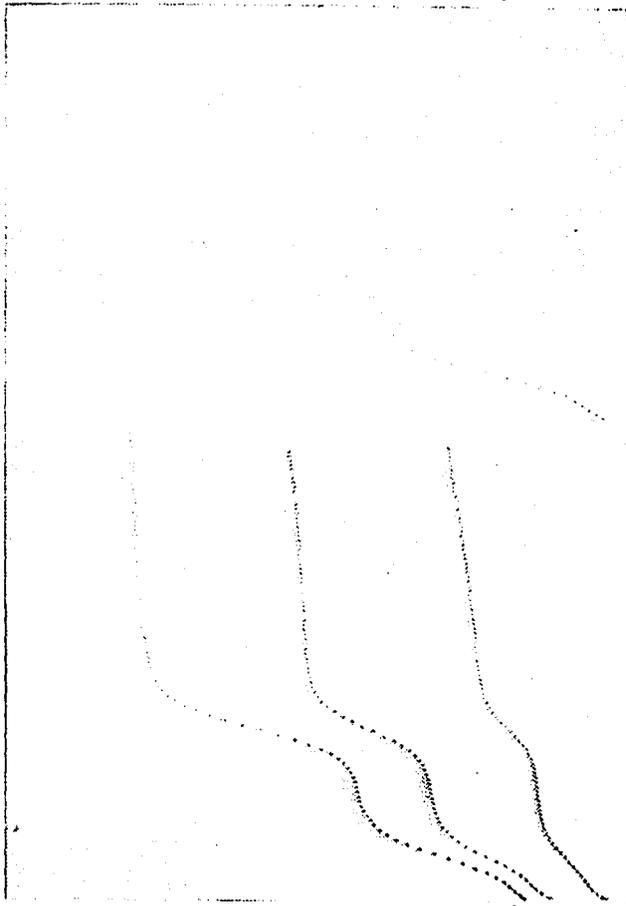
A C I D E Z

Para la acidez se pueden utilizar métodos volumétricos, titulando el contenido de ácido con algún álcali, principalmente hidróxido de sodio (NaOH) y algún indicador, este método se hace por duplicado para mayor exactitud en el punto final de la titulación, el cual es difícil de apreciar dado que las soluciones son coloridas.

Por este motivo es preferible hacer la titulación por un método potenciométrico, en el cual se va midiendo el incremento de potencial en milivolts, conforme se va añadiendo el álcali, en la solución están sumergidos los electrodos; de los cuales uno es el indicador y el otro el de referencia, cuando se igualan los potenciales de los dos se tiene una máxima variabilidad en el potencial, con la mínima adición de álcali. Este método es usado principalmente para soluciones coloridas o turbias y da gran exactitud, ya que se eliminan bastantes errores.

DETERMINACION DEL CONTENIDO DE COBRE

El contenido de CuSO_4 , no es tan importante determinarlo, ya que con la disolución del ánodo y el medio ácido constantemente se está



(Figura 2)

generando CuSO_4 , sin embargo, cuando hay algún problema en los depósitos obtenidos, y en los cuales las condiciones de operación son correctas, es preferible analizar el baño para mejores rendimientos.

La determinación de cobre se puede efectuar por métodos volumétricos, titulando la solución en presencia de yoduro de potasio y almidón con solución 0.1 N, de tiosulfato de sodio. Este método no es muy exacto, pues presenta varias interferencias.

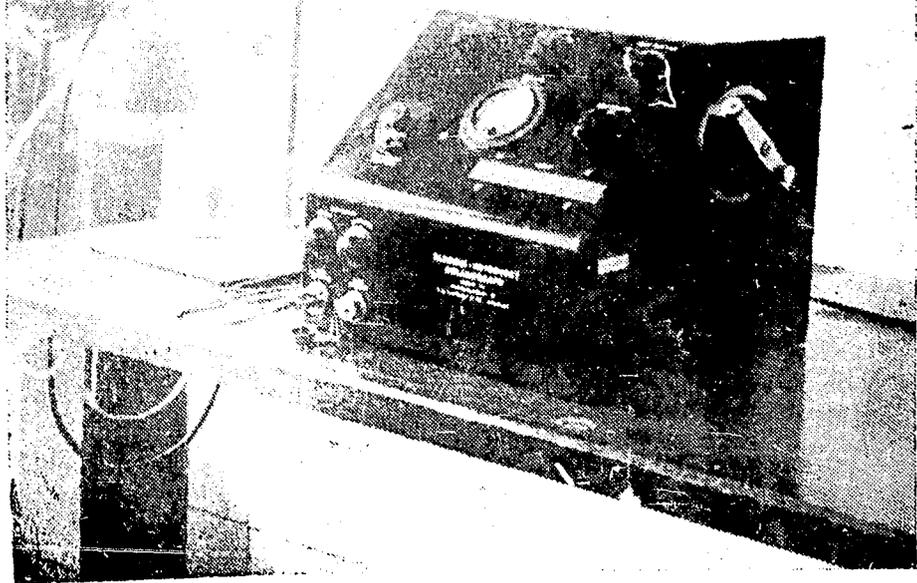
Un método más exacto es el método polarográfico, el cual fué inventado por Jaroslav Heyrovsky de la Universidad de Praga, por el año de 1920; está basado en las características de las curvas corriente-voltaje, obtenidas cuando las soluciones de substancias electroreducibles o electrooxidables, son electrolizadas en una celda en la cual un electrodo consiste de la caída de una gota de mercurio desde el borde final de un tubo de vidrio capilar. De esta curva corriente-voltaje es posible, no sólo identificar las substancias, sino también simultáneamente determinar la concentración de algunas o todas las substancias reducibles u oxidables presentes.

En todo análisis polarográfico cuantitativo, previamente debe prepararse una curva de referencia con cantidades conocidas, y las alturas de dichas curvas son pasadas a una gráfica en donde se grafican contra la concentración (Fig. 2). Esta curva de referencia se prepara en la misma forma que los problemas.

El procedimiento a seguir para el análisis es el siguiente: Se toma una alícuota de la muestra, la cual se lleva a sequedad, posteriormente se disuelve en una solución de Amoniaco, Cloruro de Amonio y Gelatina, dicha solución actúa como electrolito soporte y la gelatina como supresor de máximos. Se lleva la solución a un volumen conocido, con el electrolito soporte. Se toma una porción de la solución y se coloca en la celda de electrolisis, procediendo a su análisis.

El aparato en el cual se llevó a cabo el análisis fué un polarógrafo Sarget XII. (Fig. 3).

El arreglo eléctrico del polarógrafo es mostrado en la (Fig. 4). El ánodo es una capa de mercurio en el fondo del matraz A, y el cátodo es un goteo de mercurio de un recipiente a través de la punta de un tubo capilar a una velocidad de 1 gota cada tres segundos. El ánodo



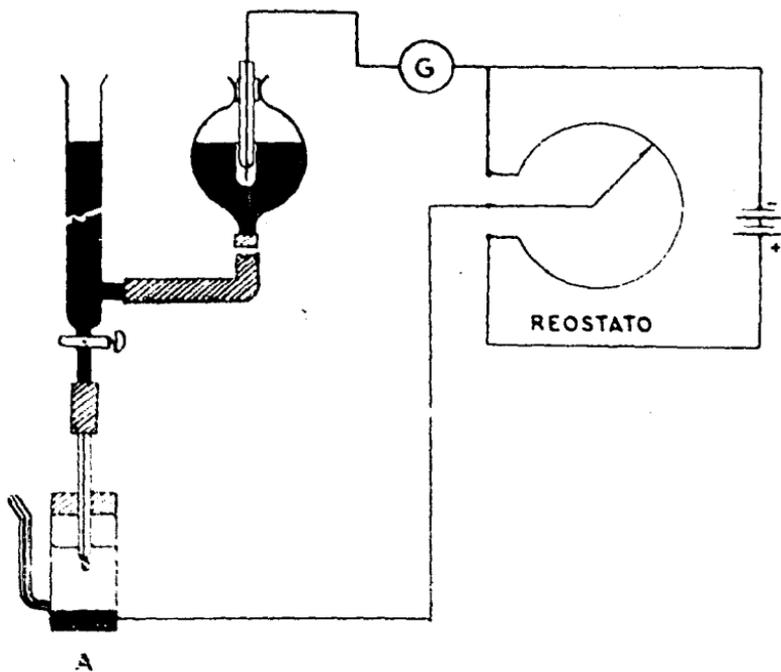
(Figura 3)

y el cátodo son conectados a las terminales positiva y negativa de un reóstato. Este permite que se aplique una diferencia de potencial variable entre el ánodo y el cátodo. La corriente es indicada por el galvanómetro G.

El proceso anódico y catódico de una celda de este tipo son convenientemente separados haciendo uno de los electrodos mucho mayor que el otro. La densidad de corriente a través del electrodo más grande es menor que en el electrodo chico. Este último es más rápidamente polarizable y por lo tanto, es el electrodo determinante en la relación corriente-voltaje. Puesto que el ánodo tiene la mayor área y la corriente es generalmente muy pequeña del orden microamperes, la polarización de este electrodo será insignificante y su potencial puede ser considerado como constante.

La velocidad de mercurio en el cátodo, es un factor determinante en todo análisis y debe de tenerse un control absoluto sobre él. El oxígeno que se encuentra disuelto en las soluciones, interfiere en los análisis ya que da máximos, los cuales en un momento dado entorpecen el resultado; por lo que hay que eliminarlo pasando una corriente de hidrógeno o nitrógeno.

RECEPTACULO
DEL
MERCURIO



(Figura 4)

IV.—DETERMINACION DE LA GRAFICA
DE TRABAJO

Observándose la necesidad, para un buen recubrimiento, de tener un control absoluto de las condiciones de operación como son: densidad de corriente, temperatura, agitación, pH, concentración del metal, etc.; en este capítulo, se estudiará cada una de ellas y su efecto sobre el depósito; además, se hizo una tabla nomográfica de trabajo, en la cual, conociendo la superficie nos da el amperaje necesario para tener una densidad de corriente normal, con sus límites máximo y mínimo.

TEMPERATURA

La temperatura ejerce influencia sobre el tamaño del cristal. A menor temperatura, menor tamaño del cristal, y a mayor temperatura, mayor es el crecimiento del cristal. Las altas temperaturas pueden ayudar a:

Aumentar la conductibilidad del electrolito.

Aumentar la solubilidad de la sal, permitiendo gran concentración metálica.

Aumenta la disolución del ánodo.

Un aumento exagerado en la temperatura, puede dar como consecuencia un desprendimiento de hidrógeno, y puede además formar sales que contaminen la solución.

Para la operación de cobrizado la temperatura óptima oscila entre 25 y 45° C. Los calentadores del baño, antes de empezar la operación, se conectan a impartir a la solución una temperatura de 25° C. posteriormente ya trabajando, se eleva la temperatura por el paso de la corriente, y con los calentadores se lleva hasta 45° C., y se regula el cambiador de calor a tener siempre los límites de temperatura.

El cambiador de calor, son simplemente tubos de acero los cuales mediante un control, cuando la temperatura del baño es baja circula por ellos agua caliente y al llegar al límite superior, o sea, que pase de los 45° C., circula por ellos agua fría teniendo así un control absoluto de la temperatura.

AGITACION

La agitación se efectúa por medio de la rotación del cilindro, mediante la banda conectada al motor, sobre la flecha o eje central. La agitación actúa directamente sobre la densidad de corriente y sobre la uniformidad del depósito.

CONDUCTIBILIDAD

El uso de soluciones con alta conductibilidad, da una disminución en el consumo de energía, e impide la formación de depósitos ásperos. Hay electrolitos en los cuales hay que agregar agentes de adición que aumentan la conductibilidad.

En el baño ácido de cobrizado, el H_2SO_4 , aumenta la conductibilidad, aunque por el efecto del ión común, baja la concentración del ión metálico, sin embargo, dadas las ventajas que nos presenta es el indicado.

pH

La acidez o alcalinidad de los baños, como se menciona en los capítulos precedentes es de suma importancia, ya que influye en la naturaleza y aspecto del depósito, así como en el rendimiento de la corriente.

Bajando la acidez, puede cristalizarse el $CuSO_4$, impidiendo la depositación homogénea del cobre bivalente en la superficie del cilindro por recobrizar, esto es evitado por un control continuo en el electro-lito.

CONCENTRACION DEL METAL

La concentración del ión metálico es un electrolito, es afectada por la concentración molar de la sal, su ionización, la temperatura, la presencia o ausencia de iones comunes. En el cobrizado, por el efecto del ión común se va concentrando la solución en $CuSO_4$, causando por lo mismo una disminución en la acidez, por lo que para mantener el baño en condiciones óptimas es necesario, a intervalos de tiempo según sean las necesidades, añadir H_2SO_4 , o el electrolito diluido.

DENSIDAD DE CORRIENTE

El efecto de la densidad de corriente es de los más importantes, ya que es deseable la depositación del metal en la mayor brevedad de tiempo, manteniendo un máximo de rendimiento.

En general incrementando la densidad de corriente, decrece el tamaño del cristal del depósito metálico, pero hay un límite en el cual el cristal aumenta. Las limitaciones en la densidad de corriente dependen de los factores anteriormente enumerados. Muchas soluciones de galvanizado exhiben un rango en densidades de corriente en las cuales, el depósito es satisfactorio en brillantez y adherencia, y es insatisfactoria la apariencia externa por algún otro factor.

Todas las soluciones de galvanizado se pueden trabajar entre ciertos límites de densidad de corriente, los cuales son muy amplios y presenta la ventaja de no tener que controlar continuamente el amperaje aplicado.

En el cobrizado la densidad de corriente fluctúa entre 15 y 25 amperes por decímetro cuadrado, si se trabaja a las condiciones anteriormente mencionadas.

En la siguiente tabla nomográfica (Fig. 5) tenemos los datos de longitud del cilindro, diámetro y superficie del mismo, el amperaje y los límites de la densidad de corriente, los cuales se relacionan de tal forma que llevando una línea desde el valor de la longitud al diámetro nos da directamente la superficie del cilindro en decímetros cuadrados; y trazando otra línea desde este punto a los valores mínimo, normal y máximo de densidad de corriente, obtenemos directamente la corriente a aplicar y sus límites.

Ejemplo:

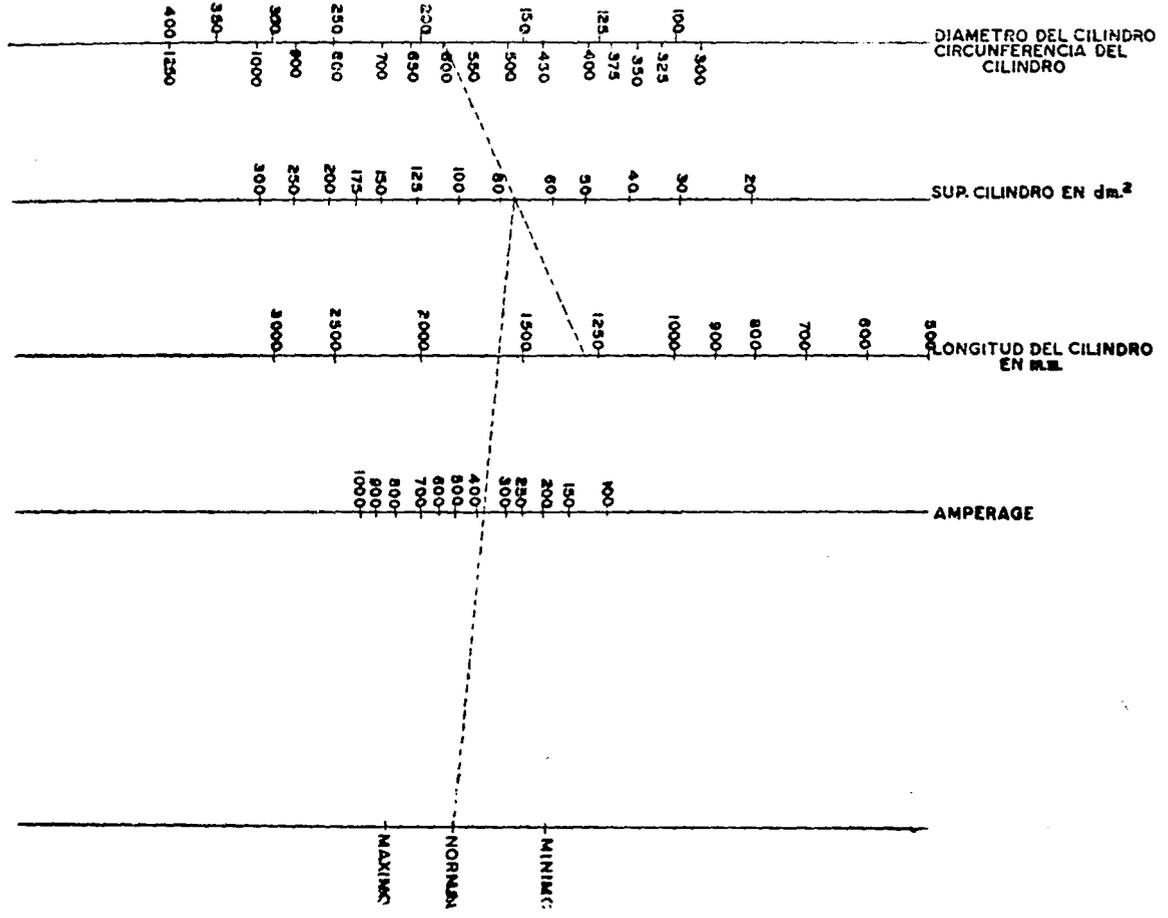
Un cilindro de estampe de 180 mm., de diámetro y 1,300 mm. de longitud, requiere 375 amperes para recubrimiento normal.

Como un dato práctico debemos mencionar que en 24 horas de trabajo, se obtienen 10 mm. de espesor; pero por el pulido nos da un aumento efectivo en la circunferencia del rodillo de 8 mm. de cobre.

Teniendo como base este dato práctico se saca el tiempo necesario para aumentar la circunferencia del cilindro al espesor deseado.

CARTA NOMOGRAFICA PARA COBRIZADO DE CILINDROS DE ESTAMPE

EJEMPLO: UN CILINDRO DE ESTAMPE, DE 180 mm DE DIAMETRO Y 1300 mm. DE LONGITUD, REQUIERE 375 AMPERES DE RECUBRIMIENTO NORMAL.



(Figura 5)

MANTENIMIENTO DE LA PLANTA

El encargado debe de cuidar los siguientes puntos:

- a.—Cantidad de corriente que hay en la fábrica; y ver si el transformador está en condiciones para evitar altas y bajas en la energía.
- b.—Ver si la concentración del baño es la correcta para trabajar en las mejores condiciones.
- c.—Ver si el filtro no está tapado para que no pasen cuerpos extraños al baño, que impidan una depositación de cobre homogénea.
- d.—Comprobar si el sistema de enfriamiento y calentamiento está en condiciones apropiadas.
- e.—Tener engrasado el sistema de pulido para que las ágatas tengan un movimiento parejo, y no se atoren en el tornillo sin fin.
- f.—Aplicar grasa a las chumaceras de las ágatas así como a las poleas de los cilindros.
- g.—Todas las partes del sistema deben estar limpias, para evitar contaminaciones en el baño.
- h.—El cilindro por recobrizar debe estar perfectamente desengrasado.
- i.—Cuando al planta no trabaja, debe taparse para evitar que el polvo contamine el baño.

V.—BALANCE ECONOMICO.

Teniendo en una bodega más o menos 1,500 cilindros de cobre de diferentes calibres, conforme pasa el tiempo irán faltando cilindros grandes debido al uso de ellos; así es que si se necesitaran cilindros de una circunferencia mayor, en lugar de comprarlos de esa circunferencia, es más costeable recobrizarlos hasta la deseada.

Por Ejemplo:

Se necesitan 8 cilindros de una circunferencia de 425 mm. y se cuenta con 2 cilindros de 425 mm.; y 6 de 400 mm.; estos de 400 se recobrizan a 425 mm.; en vez de comprar 6 cilindros; lo cual no significa pérdida de dinero, pero sí aumento considerable en la inversión de cilindros de cobre.

Por lo tanto se va a hacer un estudio económico, para comprobar si es efectivamente más costeable recobrizarlos, pues se requiere un número grande de cilindros para alimentar las estampadoras de la fábrica.

COSTO FIJO DE MAQUINARIA

Costo Mecánico.	\$ 39,400.00
Costo Eléctrico. . . . .	.. 18,000.00
Mano de Obra de Instalación. . .	.. 5,000.00
Servicios Auxiliares. . . . .	.. 5,600.00
Costo de Ingeniería y Diseño. . .	.. 12,000.00
TOTAL:	<u>\$ 80,000.00</u>

COSTO MECANICO

Tanque de preparación de 450 Lts.
con todos los aditamentos. \$ 8,300.00

Esto incluye:

1.—Bomba de 1 H.P. de succión. \$ 3,100.00

2.—Tubería de 2" (10 mts.) . . .	..	190.00
3.—Tanque de acero inoxidable de de 450 Lts. . . . .	..	1,000.00
4.—Calentador por medio de vapor, con serpentín en el tanque, vál- vula y termómetro. . . . .	..	4,000.00
		TOTAL: \$ 8,300.00

Tanque de recobrizado de 880 Lts.
con todos los aditamentos nece-
sarios. \$ 24,100.00

Esto incluye:

- 1.—Filtro compuesto de 2 unidades
y juego completo de válvulas,
conexiones y accesorios. . . . \$ 8,000.00
Motor de 0.2 H.P. (Incluido
en 1).
- 2.—Cambiador de calor automático
con todos sus aditamentos. 12,000.00

Esto incluye en (2):

- a.—Motor de 0.5 H.P. para circu-
lar el agua en el cambiador de
calor.
- b.—Tubería de 2"
- c.—Termómetro con acción al cam-
biador de calor.

3.—Tanque de 880 Lts. de
1.40 × 0.70 × 0.90 mts. con
chumaceras, bushing y polea
con banda. \$ 2,500.00

- 4.—Separadores de plástico (2) 100.00
- 5.—Motor de ¼ de H.P. para mover el cilindro. 1,500.00

TOTAL: \$ 24,100.00

- Bomba para el servicio de agua necesario en el sistema, teniendo un motor de 5 H.P. con aditamentos. \$ 4,000.00
- Ventiladores con todos los aditamentos necesarios (2). 3,000.00

Incluye:

2 motores de 0.5 H. P.

TOTAL COSTO MECANICO: \$ 39,400.00

COSTO ELECTRICO

- Transformador de corriente de 3 C) —150 K V A at— 6000/220-125 tipo interior. \$ 13,000.00

Esto incluye:

- 1.—Alambres de cobre de N° 12 A. W. G. forrado de plástico.
- 2.—Cable de cobre N° 2 A. W. G.
- 3.—Apagadores e Interruptores.
- 4.—Contactos monofásicos.
- 5.—Tubo de conducción de ½" de diámetro.
- 6.—Focos para el alumbrado del departamento.

Tablero de estructura metálica, con fijación al piso, para los diversos circuitos del sistema, totalmente cerrado para 3 (1) hilos. 220/125 volts con general de 400 amp., y derivaciones para 300, 100 y 70 amp. \$ 5,000.00

Esto incluye:

- 1.—Resistencia cambiabile para obtener siempre el mismo voltaje.
- 2.—Contactos monofásicos.
- 3.—Apagadores e interruptores.
- 4.—Tubo de conducción de 1/2" de diámetro.
- 5.—Alambre de cobre N° 12 A. W. G. forrado de plástico.

TOTAL COSTO ELECTRICO: \$ 18,000.00

SERVICIOS AUXILIARES

Estante para rodillos, hecho de madera (2)	\$ 2,000.00
Carro de transportes de cilindros (2) . . . . .	.. 1,600.00
Miscelánea. . . . .	.. 2,000.00

TOTAL SERVICIOS AUXILIARES: \$ 5,600.00

MANO DE OBRA DE INSTALACION

TOTAL MANO DE OBRA DE OPERACION: \$ 5,000.00

COSTO DE INGENIERIA Y DISEÑO

TOTAL DE INGENIERIA Y DIRECCION: \$ 12,000.00

CAPITAL FIJO TOTAL: \$ 80,000.00

Teniendo la planta instalada, vamos a sacar el costo por cilindro recobrizado.

Este costo se divide en dos partes:

A = Costo del cilindro = C_A

$$C_A = P + W + C + B$$

P = Costo del ánodo (cobre 99.99% de pureza)
(Este no hay que tomarlo en cuenta (\$) pues es el desperdicio de los cilindros al ser pulidos).

W = Corriente gastada por cilindro.

C = Amortización del capital fijo invertido considerando 5 años de trabajo.

B = Costo de los baños usados.

DATOS:

Cilindro de cobre de 200 Kgs. = \$ 2,250.00.

(Sabiendo que el Kg. de cobre vale \$ 11.25)

Corriente en KWH = \$ 0.17.

Capital fijo = \$ 80,000.00.

Sulfato de Cobre = \$ 0.71/Kg.

Acido Sulfúrico = \$ 0.36/Kg.

COSTO DEL BAÑO:

Acido Sulfúrico	=	0.36 × 40	=	\$ 14.40
Sulfato de Cobre	=	0.71 × 176	=	\$ 124.96
Total				<u>\$ 139.36</u>

W = Corriente gastada en el cilindro; si se sabe que en 24 hrs. se obtiene una deposición de 8 mm., de circunferencia efectiva.

$$P = I^2 R.$$

P = Potencia en Watt.

I = Intensidad de corriente en amperes.

R = Resistencia del aparato la cual es variable, para mantener un voltaje y amperaje constante.

Sabemos que:

$$R = \frac{V}{I}$$

DATOS:

I = 230 amperes.

V = 7.3 volts.

Substituyendo el valor de "R":

$$P = I^2 R = I^2 \frac{V}{I} = \underline{IV}$$

Resolución numérica:

$$P = 230 \times 7.3 = 1.680 \text{ Watts} = 1.68 \text{ KWH}$$

Sabiendo que el KWH vale \$ 0.17, el costo será:

$$P = 1.68 \times 0.17 = \$ 0.1856$$

En 24 hs. tenemos:

$$P = 0.1856 \times 24 = \$ 6.8544.$$

C = Amortización del capital fijo considerando 5 años de trabajo con la máquina en perfectas condiciones.

Capital Fijo = \$ 80,000.00.

En un año = \$ 16,000.00
 En un día = \$ 45.00.

B = Costo del baño usado.
 (Se sabe por experiencia, que un baño dura para 30 cilindros recobrizados).

Tenemos:

$$B = \frac{139.36}{30} = 4.645 \text{ costo del baño por cilindro.}$$

Substituyendo en la fórmula, tenemos que:

$$C_A = 6.8544 + 45.00 \cdot 4.645 = \$ 56,4994$$

B.---Costo de mano de obra = C_B

(El costo de la mano de obra tomando en cuenta los siguientes datos).

Precio por hora: del encargado de la máquina es de \$ 2.6050.

Tomando como base 24 horas, tenemos:

$$C_B = 2.6050 \times 24 = \$ 62.52$$

$$\text{COSTO TOTAL} = \$ 56.4994 + \$ 62.52 = \$ 119.0194$$

COMPARACION DE COSTO

Recobrizado	\$ 119.0194
Cilindro de cobre (200 Kgs.) . . . . .	.. 2,250.0000
DIFERENCIA	<u>\$ 2,130.9806</u>

VI.—CONCLUSIONES.

- 1º—Disminución del capital fijo invertido.
- 2º—Menor número de cilindros en existencia.
- 3º—Obtención de cilindros de cualquier diámetro, según sean las necesidades de la fábrica.
- 4º—No se tiene ninguna pérdida de cobre.
- 5º—No hay pérdida de cilindros de pequeño diámetro, que van quedando rezagados, según sea el uso.
- 6º—El electrolito empleado, presenta la ventaja de tener gran conductibilidad, estabilidad y el efecto del ión común.
- 7º—Presenta el electrolito, la ventaja de no desprender gases tóxicos, como en el caso del baño cianurado.
- 8º—La agitación debida a la rotación del rodillo, hace que el depósito sea homogéneo en casi su totalidad. Tiene el inconveniente, que sobre las orillas, se forman arborescencias de cobre, las cuales son eliminadas en el acabado final.
- 9º—Con el pulido de las ágatas, el depósito externo tiene gran brillantez y homogeneidad.

VII.—BIBLIOGRAFIA.

- 1.—ARCHERE KNOWLTON.—Standard Handbook for Electrical Engineers, McGraw-Hill Book Company Inc. (1949).
- 2.—C. L. MANTELL.—Industrial Electrochemistry, McGraw-Hill Book Company Inc. (1950).
- 3.—HOBART H. WILLARD.—Instrumental Methods of Analysis, D. Van Nostrand Company Inc. (1958).
- 4.—KOLTHOFF. LINGANE.—Polarography, Vol. I. Interscience, (1952).
- 5.—D. RUBNEY.—Métodos modernos y prácticos de Dorado, Plateado, Niquelado y Cobriado. Compañía Editorial Comercial, S. A., (1954).
- 6.—JOHN H. PERRY.—Chemical Engineer's Handbook.—McGraw Hill Book Company, Inc. (1950).