



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLÁN



MANUAL GALVANOTECNICO DE LOS PROCESOS DE  
NIQUELADO, COBRIZADO Y CROMADO

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO QUIMICO

P R E S E N T A :

**CARLOS OROZCO HERNANDEZ**

DIRECTOR DE TESIS :

Q. CELESTINO SILVA ESCALONA

CUAUTITLÁN IZCALLI, EDO. DE MEX.

1992



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **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 está 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.

## INDICE

	Pág
	1
Cap. I	3
Cap. II	12
	12
	25
	32
Cap. III	39
	39
	46
	51
Cap. IV	58
	59
	60
	61
	64
	66
	67
	69
Cap. V	71
	71
	73
	75
	76
	77
	77
	78

Cap. VI	Equipos y accesorios empleados en estos procesos:.....	80
	Bruffido y Esmerilado.....	81
	Pulido.....	81
	Desengrase.....	82
	Decapado.....	82
	Electrodeposito.....	83
	Rectificadores.....	85
	Enjuague y Secado.....	87
	Equipos auxiliares.....	87
	Ventilación.....	89
	Accesorios.....	90
Cap. VII	Análisis y control de los baños electrolíticos.....	93
	Sol.de Niquelado.....	95
	Sol.de Cobrear.....	98
	Sol.de Cromar.....	108
Cap. VIII	Prueba de los recubrimientos electrolíticos.....	114
	Prueba de aspecto.....	114
	Prueba de espesor.....	115
	Prueba de porosidad.....	121
	Prueba de corrosión.....	124
	Prueba de adherencia.....	128
	Defectos, causas y posibles soluciones:	
	Niquelado.....	130
	Cromado.....	134
	Cobre.....	139
	Conclusiones.....	144
	Glosario.....	146
	Bibliografía.....	173

## INTRODUCCION

Actualmente, es de gran importancia para la industria, de cualquier tipo, la reducción de costos operativos, de mantenimiento, reposición de equipo y sobretodo la protección de construcciones, así como de objetos decorativos.

El costo de los daños y pérdidas ocasionadas por la corrosión, representa miles de millones de pesos anuales.

La corrosión, el deterioro y el desgaste de los objetos se presenta en todas partes, daffando en diferentes grados de severidad a todas las superficies, especialmente las metálicas.

Este problema puede evitarse y en algunos casos reducirse considerablemente con buenas normas de protección.

Desde que se descubrió la posibilidad de separar por electrólisis un metal de una solución de sus sales, se ha desarrollado la técnica de los depósitos galvánicos, a fin de conseguir el recubrimiento de la superficie de objetos, sean o no conductores de electricidad, con el metal que se desee.

La galvanotécnia persigue la protección del metal a recubrir y la estética de la pieza que deben presentar una superficie exterior de aspecto agradable, para evitar la pérdida por corrosión de sus valores tanto materiales como estéticos.

De allí la importancia de disponer de la información

necesaria para la comprensión más exacta de los principios de la galvanotécnica y de los métodos para controlar los procesos y los productos.

En este trabajo se hace la revisión de 3 procesos galvanotécnicos de importancia como lo son el níquelado, cobreado y cromado, en los cuales se estudiará los factores, equipo y accesorios que intervienen en dichos procesos. así como el control de los baños electrolíticos.

## CAPITULO I

### GENERALIDADES.

La galvanoplastia es el conjunto de operaciones cuyo objetivo es la formación por vía electrolítica de objetos metálicos mediante matrices sobre las que se depositan considerables espesores de material.

Es la producción de depósitos no adherentes sobre moldes metálicos, cuya adherencia se evita cubriendo su superficie con plomagina o frotándola con trementina que contenga un poco de cera. La preparación de los objetos depende: de la clase de depósito deseado; y segundo, de la clase de objeto que se desea reproducir, ya que la copia obtenida reproduce todo detalle, hasta la señal de los dedos sobre la superficie del modelo.

La galvanotecnia comprende una parte estrictamente química, referente a la composición de los baños y a los diversos elementos que permiten que el recubrimiento electrolítico tenga lugar en las mejores condiciones.

Es decir, es el proceso por el cual un metal o aleación, suspendida en una solución líquida, es depositada electrolíticamente sobre una superficie preparada al efecto. El metal en suspensión (níquel, cromo, cobre, etc.), pasa de la solución a la superficie del objeto que se desea recubrir y, una cantidad equivalente de metal similar es desgastada de las placas metálicas (ánodo), que se encuentra dentro del baño. En esta forma la solución mantiene constantemente una cierta cantidad de metal en suspensión, pues es el que se deposita en el objeto a recubrir y es reintegrado a la solución por los ánodos.

Para una mejor comprensión de la nomenclatura empleada en la descripción de los procesos e instalaciones galvanotécnicas expondremos brevemente los principales conceptos en que se basa la galvanotecnia.

**Potencial eléctrico.** - Todo cuerpo en equilibrio eléctrico posee una cierta cantidad que caracteriza su potencial. El potencial puede medirse en comparación con otro cuerpo. Nos vemos pues, impedidos a darle al potencial un valor numérico y a valerlos de una unidad de medida. La unidad práctica es el volt (v). Se miden las diferencias de potencial existentes entre los cuerpos por medio de un voltímetro. Cuando conectamos dos cuerpos mediante un cable conductor, siendo diferentes los potenciales de los mismos, si establece una corriente que va del cuerpo del potencial más elevado, denominado polo positivo, hacia el potencial más bajo, polo negativo.

La diferencia de potencial que existe entre los dos polos se denomina fuerza electromotriz.

Entre la fuerza electromotriz, la intensidad y la resistencia del conductor existe la siguiente relación:

$$E=I \times R \text{ (Ley de Ohm)}$$

**Intensidad de corriente.** - En un conductor es la carga eléctrica o cantidad de electricidad que pasa por segundo. La unidad de intensidad es el amperio (A). Por convención, el amperio representa la intensidad de corriente que deposita 1,118 mg. de plata por segundo al descomponer una sal de plata.



Cantidad de electricidad.- Si una corriente de intensidad  $I$  circula por un conductor durante  $t$  segundos, la cantidad de electricidad que habrá pasado en dicho tiempo vendrá expresada por  $C=I.t$ . La unidad de carga eléctrica (o cantidad de electricidad) es el culombio, que representa la cantidad o carga que pasa por segundo cuando la corriente es de 1 amperio. Con ella se depositan, pues, 1.118 mg. de plata.

Una corriente de 1 amperio circulando durante una hora determina el paso de 3600 culombios: cantidad de electricidad denominada amperio-hora (Ah).

Watt o Vatio.- Una cantidad de energía de un Joule por segundo, o la fuerza de una corriente eléctrica de un amperio con una intensidad de un voltio.

Consumo de energía.- La energía consumida durante el paso de la corriente es igual al producto de la potencia por el tiempo, o sea los watts multiplicados por segundo. Un joule es la energía desprendida aplicando un watt durante un segundo. La unidad comercial es el kilowatt.hora o bien el watt.hora (que vale 3600 joules).

Resistencia.- Los conductores dejan pasar la corriente con mayor o menor facilidad. Oponen una resistencia más o menos grande al paso de la corriente. La intensidad de corriente que circula entre dos puntos de un conductor, cuya diferencia de potencial es  $E$ , varía según la resistencia  $R$  del conductor, con arreglo a la relación:

$$I = E/R$$

Si  $E=1$  voltios mantiene una corriente de  $I=1$  amperio, la resistencia del conductor  $R$  es, por definición, 1 ohmio ( $\Omega$ ). El ohmio, unidad de resistencia se halla representada por la resistencia de una columna de mercurio de sección uniforme, de 106.3 cm de longitud y de 14.4521 gr de peso, situada a la temperatura de  $0^{\circ}\text{C}$ .

La resistencia de un conductor depende de la materia que lo constituye, de su longitud ( $l$ ) y de su sección ( $s$ ), con arreglo a la relación  $R = l/s$  en la que es la resistencia específica de la materia o resistividad.

	Resistividad ( $\sigma$ )
Cobre	1.58
Latón	6.2
Hierro	9.6
Ferro-niquel (30% de Ni)	35
Niquel-cromo	120

La conductibilidad es el número inverso a la resistividad. Por tanto, cuanto mayor sea la resistividad específica, menor será la conductibilidad.

Sobretensión o polarización.- Es un salto de potencial que tiene lugar en la superficie de los electrodos. Depende del baño, de la densidad de corriente y en particular de la naturaleza de la superficie de los electrodos.

Dividiendo la intensidad, en amperios, que pasa por

una sección de un conductor por el área de dicha sección se obtienen la densidad de corriente.

$$R_i = I/A \quad A/dm^2$$

Corriente directa (c.d.).- Solo tiene un sentido y se le puede obtener de una fuente química como lo es una pila. (Fig. 1.1)

Corriente continua (c.c.).- Es la corriente que periódicamente sube y baja entre cero y un valor máximo sin variar su polaridad. Se puede obtener de un generador o rectificador de corriente. (Fig. 1.2)

Corriente alterna (c.a.).- Es la corriente que varía periódicamente su intensidad en magnitud y sentido. En un ciclo una alternancia comienza en cero, sube a un nivel positivo máximo, retorna a cero, y baja a un nivel negativo máximo. El número de ciclos completos por segundo se denomina frecuencia de corriente. (Fig. 1.3)

Electrólisis.- Cuando se hace pasar una corriente eléctrica por una solución de un ácido, de una base o de una sal, se comprueba que se produce una descomposición química de dicha solución.

Los polos sumergidos de entrada y salida de la corriente en un baño constituyen los electrodos. El electrodo de entrada es el ánodo y el de salida el cátodo. Los productos de la descomposición llamados iones, se sitúan sobre los electrodos, difundiendo los aniones al ánodo y los cationes al cátodo. Los aniones están constituidos por un grupo de átomos llamados radicales y los cationes por un metal o por hidrógeno.

CORRIENTE DIRECTA

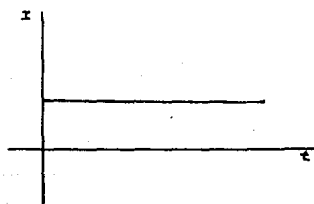


FIG. 1.1

CORRIENTE CONTINUA

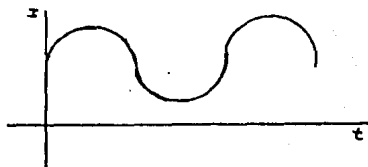


FIG. 1.2

CORRIENTE ALTERNA

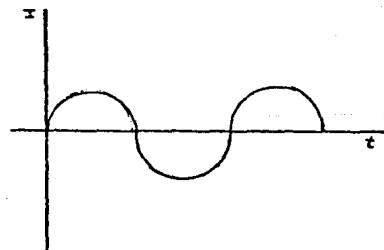


FIG. 1.3

Uno de los fenómenos que influyen sobre la electrólisis, en primer lugar, es la polarización.

La polarización se atenúa más o menos por el fenómeno de difusión de una a otra zona, de emigración de los iones y más aun por la agitación del electrolito y la elevación de la temperatura.

En la práctica, para que se produzca la electrólisis, es necesaria una fuerza electromotriz suficiente para vencer la resistencia ohmica del baño, para garantizar la descarga de los iones sobre el ánodo y el cátodo y vencer la polarización.

Rendimiento electrolítico.- Es el peso del metal efectivamente depositado sobre el cátodo en relación al peso teórico que resulta por aplicación de la ley de Faraday. Este rendimiento varía con bastante profusión, tal como puede advertirse en la lista.

Solución	Rendimiento (%)
Cromo	10 a 15
Cobre(sulfato)	98 a 100
Cobre(cianuro)	40 a 85
Niquel	95 a 98

#### Ley de Faraday. -

1.- La cantidad de iones liberados hacia el ánodo y el cátodo es proporcional a la cantidad de electricidad que pasa por el electrolito.

2.- Cuando una misma corriente pasa por diferentes electrolitos, las cantidades de iones

desplazadas son proporcionales a sus equivalentes químicos, siendo el equivalente químico el cociente de dividir el peso molecular (peso atómico en caso de un metal) de un cuerpo por su valencia.

**Pilas electrolíticas o galvánicas.** - Se llama pila al sistema en donde una reacción química se desarrolla espontáneamente siguiendo un mecanismo iónico, parte del cambio de energía de la reacción se puede convertir, en principio, directamente en energía eléctrica sin recurrir a intermediarios tales como un motor de calor y un generador.

**Celdas o células electroquímicas.** - Cuando se puede provocar reacciones químicas, a través de un mecanismo iónico, aplicando energía eléctrica a un sistema reactor debidamente diseñado. Los depósitos para lograr estos fines se denominan celdas o células electroquímicas.

Las celdas electroquímicas en donde se fuerza una reacción química mediante una adición de energía eléctrica se llaman celdas electrolíticas. Los dispositivos que producen energía eléctrica, mediante una reacción química se denominan pilas galvánicas.

Un aspecto básico para el funcionamiento de las celdas, es la generación de reacciones iónicas que producen o consumen electrones en fases aisladas de la misma. Estas fases se conocen como electrodos y deben ser buenos conductores eléctricos. Durante su funcionamiento, la celda se conecta a una carga externa o a una fuente de voltaje externa, y la carga eléctrica se transfiere por medio de electrones de un electrodo a

otro pasando por un circuito externo. Para completar el circuito eléctrico a través de la celda, debe existir un mecanismo adicional para la transferencia interna de la carga. Esto se suministra por medio de uno o más electrolitos, que realizan la transferencia de carga por medio de conducción iónica. Los electrolitos deben ser pobres conductores eléctricos para evitar el cortocircuito de la celda.

La celda más simple consta de 3 partes: dos electrodos y uno o más electrolitos. El electrodo en donde ocurre la reacción iónica productora de electrones es el ánodo; el electrodo en el que ocurre la reacción que consume o absorbe electrones es el cátodo. La dirección del flujo de electrones en el circuito externo es siempre del ánodo al cátodo. (Fig. 1.4).

**Anodo.** - Es el nombre dado a la placa positiva dentro de la solución electrolítica, es decir, la placa que se conecta al positivo de la fuente generadora de corriente eléctrica, necesaria para la galvanización.

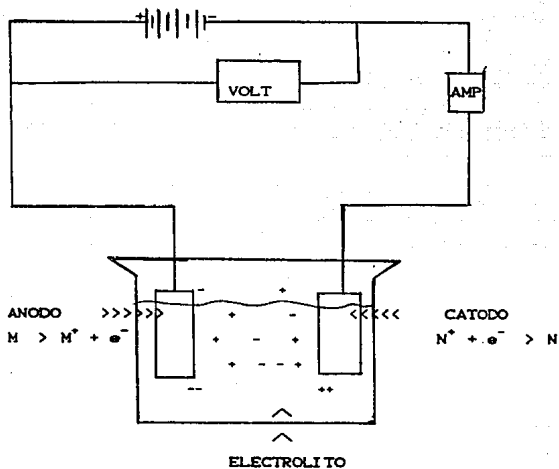
Los ánodos pueden ser solubles o insolubles en el electrolito, según lo requiera la naturaleza del trabajo efectuado. Se usan los ánodos insolubles cuando se desea descomponer un electrolito, separándolo en sus varios componentes. Los ánodos son insolubles cuando están formados por elementos que no son solubles en la solución ni aún cuando ella sea recorrida por la corriente eléctrica. Se hacen generalmente de platino o carbón.

**Cátodo.** - Es todo lo contrario al ánodo; por lo

tanto, es el electrodo que se conecta al polo negativo de la fuente generadora. El cátodo está formado por el objeto que se desea galvanizar.



## DIAGRAMA DE CELDA ELECTROLITICA



PREPARACION Y LIMPIEZA DE LAS SUPERFICIES.

Pulido.

El pulido es el primer paso, paso previo, antes del proceso del electrodeposición en términos generales y hablando en sentido amplio, los métodos en uso del pulido son:

- a) Bruñido.
- b) Pulido con abrasivos, usando ruedas flexibles, correas, discos, etc.
- c) Pulido a bombo.
- d) Pulido electrostático.

Independientemente del método de pulido utilizado, siempre se continuará la preparación de la superficie con el desengrase y el decapado.

Actualmente, el bruñido es muy poco empleado en comparación con los otros métodos. En cuanto al pulido a bombo, éste es un método para conseguir una superficie suficientemente brillante en especial en los artículos de tipo más barato y a granel. El método de pulido más empleado implica el uso de ruedas abrasivas flexibles de forma diversa.

Para el pulido con abrasivo se pueden considerar tres etapas, que son: cepillado y gratado; desbastado o esmerilado y el pulimento. Estas etapas antes del electrodeposición, son importantes, ya que mientras más agradable sea la apariencia de un objeto de metal más fácilmente podrá venderse a un precio elevado. Puesto que una capa metálica brillante, de buen aspecto y

libre de manchas, solamente puede obtenerse sobre una base metálica también brillante.

Casi todos los depósitos galvánicos metálicos adquieren como es sabido, la estructura del metal base sobre el cual se depositan. Poros grietas y arañazos, se rellenan muy raras veces. Los esfuerzos de la galvanotécnica están dirigidos a conseguir con la colaboración del pulimento, unos recubrimientos de brillante aspecto. Pero como esto solamente puede lograrse sobre una base metálica también brillante, las piezas deben ser preparadas adecuadamente. Para este objeto existen en cada planta galvanotécnica dispositivos de esmerilado y pulimento.

Cepillo o gratado.- Esta etapa se emplea sobre todo, cuando los objetos sometidos a tratamiento tengan partes salientes y entrantes, se utilizan ventajosamente gratas o cepillos formados por alambres de metal de 0.05-0.4 mm de espesor, fibras sintéticas, lana, etc. Para la eliminación de oxidación, orín, etc., se utilizan con frecuencia gratas en forma de discos, de alambre de acero de 0.25 mm de diámetro, que giran con una velocidad periférica de 25 a 35 m/seg.

Esmerilado o desbastado.- Tiene por objeto alisar superficies ásperas de las piezas prensadas, forjadas o fundidas, etc., y pueden prolongarse hasta conseguir que la superficie quede completamente lisa. Para esta operación se utilizan discos sólidos, llamados muelas, formadas por granos de abrasivos de distintos tamaños (grueso hasta fino), y dureza mezclado con un aglutinante. Al realizar el desbastado, no pueden

evitarse las huellas que en el metal dejan los granos de la muela cuya magnitud depende del tamaño de los granos empleados.

**Pulimento.** - Tiene como fin hacer que las huellas, por esmerilado, desaparezcan antes del recubrimiento superficial, lo que puede conseguirse mediante un previo pulido, un pulido de acabado y finalmente, por el abrillantado. En tanto que el desgaste de material, desde el esmerilado hasta la obtención de una superficie fina, representa del 90% del total hasta el completo afinado, la pérdida del metal por el pulimento propiamente dicho, es muy pequeña. Estas circunstancias es preciso tenerla en cuenta en aquellos casos en que se exige exactitud en las dimensiones.

El principal aparato usado para preparar las superficies de metal ya sea para desbastado, cepillado o pulido, antes del recubrimiento, es la pulidora, que es un aparato que deberá moverse a considerable velocidad, colocando el metal contra la herramienta raspadora.

Estas pulidoras deben encontrarse firmemente sujetas por medio de burlones, sobre bancos, a fin de evitar las vibraciones, y pueden girar desde 1400 rev/min. Para pulir acero u otro metal duro deberá girar a 2500 rev/min aproximadamente. Los discos usados en estas pulidoras difieren en tamaño y material según la naturaleza del trabajo a efectuar.

En las máquinas pulidoras que sirven para cepillar, esmerilar y pulir deben llevar una marcha uniforme aún a las más altas velocidades, por cuya razón éstas

máquinas son de un tipo de construcción estabilizada y sin vibraciones. El eje motor constituye el husillo donde se introducen los discos o muelas, los cuales se sujetan por medio de bridas.

**Materiales para pulir.** - Los materiales usados en las pulidoras son básicamente: ruedas de esmeril para vaciado o afilado de superficies muy rugosas en fundición o forjas; esmeril para sacar marcas de limas o herramientas raspadoras en hierro o acero, esmeril fino para obtener un mejor acabado del cobre y sus aleaciones. El esmeril empleado en las ruedas pulidoras depende de la clase de trabajo a efectuar. Las ruedas recubiertas con esmeril trabajan el hierro y el acero con gran rapidez. La fricción genera calor, que favorece el pulimento; esta acción es intensificada por la presión.

Discos compuestos con azafrán y tripoli, mezclados al mismo tiempo con un poco de colcotar, forman la mejor combinación para cobre, bronce o latón, que después se emplean ruedas especiales de manta, para el pulido fino a fin de conseguir el acabado deseado.

**Ruedas pulidoras.** - En la preparación de los artículos a depositar se emplean ruedas de piel o manta. Estas ruedas están hechas de sólido cuero de toro. Los tamaños varían entre 7.5 a 45 cm de diámetro y de 16 a 50 mm de espesor.

**Construcción de las muelas para el pulimento.** - Mientras que para el esmerilado se usan casi exclusivamente muelas rígidas, aglomeradas, el pulidor

prepara sus muelas para pulir. Para el pulido previo y el acabado se emplean discos de madera guarnecidos de cuero, llamados también poleas, y discos de fieltro recubiertos de cola y de una capa de abrasivo, así como cepillos circulares; por el contrario para el pulido de alto brillo se utilizan discos de milano o sueltos, sujetos solamente por el centro, de muselina, lona, manta y otros similares o discos flexibles con costuras separadas.

Los discos para el pulimento de muselina o lona, manta, fieltro y cuero pueden fabricarse en diversas clases, formas y grados de dureza que se adaptan perfectamente a la forma y calidad de los objetos a trabajar. Los discos de tela de algodón muy extendidos en su uso, pueden fabricarse para distintas durezas. Los más duros están formados por varios discos de lona encolados entre sí, y los más blandos, por discos de muselina cosidos unos a otros. Entre estos extremos son posibles numerosas transiciones, por lo que los valiosos discos para pulimento, usados frecuentemente, están hechos de trozos de muselina unidos por un pegamento. Los discos de algodón ofrecen, por su reducido costo, un material que se emplea mucho para todos los trabajos de pulimento suave.

Abrillantado de metales.- Después del pulimento las superficies metálicas presentan aún un rayado fino, producido por el abrasivo que debe eliminarse cuando se quiera lograr un brillo espectacular de gran brillantes. Este pulido se denomina también de acabado, aclarado y colorido. Para su realización se emplean discos de muselina de diversos espesores y grados de rigidez,

cosidos y, por tanto, de efecto duro o suelto, sujetos solo en su parte central, de efecto suave.

En general los discos utilizados para el abrillantado son más suaves y baratos que los de pulimentación. Cuanto más próximas estén las costuras, tanto más macizo es el disco.

A diferencia del pulimentado, en el que el elemento pulimentador va pegado al disco, para el abrillantado o colorido se aplica sobre de él, y durante la marcha, una mezcla rica en grasa.

Mezclas para pulir.- Para el abrillantado y colorido, el abrasivo no es encolado sobre el disco de tela o paño, sino que se impregna con él, en forma de pasta o líquido. Para el abrillantado se utiliza muchas veces tripoli, un silicato de aluminio natural, de estructura fibrosa, sin cortes vivos ni esquinas o cretas.

Estos abrasivos se mezclan con ceras, ácido esteárico (actúa formando jabones metálicos), aceites, sebos, vaselina, parafina, petróleo, ceresina, etc., obtenidos la mayor parte, por fusión y utilizados en forma de ramas o bloques. Una composición grasienta deja la superficie velada después del pulido. Las grasas deben poder ser eliminadas fácilmente en el desengrasado. Esta condición debe tomarse en cuenta en la fabricación de pastas o compuestos en los que entren grasas.

Como se puede observar el esmerilado, y pulido representan el proceso más costoso del tratamiento total

de los objetos metálicos, para conseguir que adquieran el hermoso aspecto deseado. Como el costo de ésta previa manipulación solo puede reducirse con la elección apropiada del procedimiento de esmerilar o pulir se dan a continuación algunas recomendaciones para utilizar los más convenientes, en algunos metales, como acero, cobre, latón y bronce.

Para el esmerilado de acero, hierro, acero inoxidable, se emplean en general discos abrasivos de grano grueso y para el pulido discos duros; para el abrillantado y avivado se emplean discos blandos.

Para el esmerilado del latón, bronce y cobre se emplean discos abrasivos de grano fino, para el pulido discos semiduros y para el abrillantado y avivado se recomiendan discos suaves.

Otros métodos de pulido mecánico pueden ser: pulido a mano, pulido por medio de arena y pulido por medio de bombo.

Pulido a mano.- Cuando no se puede disponer de una pulidora y solo es necesario pulir artículos planos y pequeños, puede usarse un trozo de madera recubierto de cuero o manta, en forma similar a un asentador para navajas de afeitar.

Pulido por medio de arena.- Cuando se requiere efectuar una considerable cantidad de trabajo, pueden obtenerse máquinas de pulido preeliminar por medio de arena, arrojada con fuerza sobre la superficie a pulir. Esta máquina recibe el nombre de "sopladora de arena".



Pulido al bombo.- El pulido al bombo proporciona un método muy barato de "afinado" de los objetos metálicos, tales como fundiciones, piezas estampadas, forjas y muchas clases de objetos pequeños, que requieren la eliminación de rebabas etc. Los componentes cuidadosamente maquinados y los objetos roscados exteriormente apropiados para el pulido a bombo.

La operación se efectúa generalmente en dos etapas; en la primera los objetos son restregados para eliminar rugosidades, protuberancias o el herrín, después de lo cual se les dá el pulido final en un segundo bombo.

Aunque es posible quitar el herrín mediante el desbastado, la dureza del depósito de óxido hace que ésta operación sea algo difícil. Es por ello aconsejable, cuando sea posible, desengrasar y decapar antes de pulirlos al bombo, los objetos que tienen herrín.

Los bombos utilizados para el desbastado del hierro o acero no deben ser empleados para el tratamiento de metales blandos, por ejem. cobre, latón, bronce, etc; así se evitan los daños que puedan causar a éstos cualquier partícula de metal duro que quedan abandonadas en el bombo.

Pulido final (bruñido al bombo).- Después del desbastado, si se requiere el máximo grado de pulido, los objetos se quitan del bombo y se desengrasan o se lavan con parafina colocándolos dentro de un bombo de afinar. Si a ocurrido algún empañamiento o deslustre de la superficie, puede ser necesario decapar ligeramente

durante unos minutos en ácido sulfúrico al 5% o, si se trata de aleación de cobre, lavarlos con una solución de cianuro.

Frotado, limpieza y pulido de tambor.- Un proceso relativamente sencillo y que exige poca mano de obra para realizar los trabajos necesarios de frotado, limpieza y pulido, es el tambor. Primitivamente este procedimiento se utilizaba solamente para el frotado de pequeñas piezas fundidas; pero en el transcurso del tiempo se ha empleado cada vez más, de tal manera, que actualmente no solo puede llevarse a cabo el frotado en el tambor, sino también el esmerilado, pulido y limpieza. Este sistema es de aplicación, ante todo, para pequeñas piezas de hierro, hierro colado, acero, aluminio, cobre y latón, estampados, forjados, etc., que sean de paredes demasiado delgadas, tengan cantos vivos o esquinas que puedan extropearse durante la operación.

En forma general, el bombo para pulir consiste un tambor colocado en posición horizontal, construido de acero, hierro fundido, chapa de cobre y forrado de madera, goma o plástico, van las piezas que han de limpiarse o pulirse por medio de las revoluciones del tambor. Estas revoluciones deben calcularse (20 a 80 min.), de manera que las piezas no caigan, sino que rueden y resbalen unas sobre otras, con lo que las superficies metálicas son frotadas, esmeriladas o pulidas, por vía mecánica, dentro del tambor, según el estado de las superficies y la materia mezclada, arena, serrín, residuos de cuero, etc. En algunos casos se ha preferido los tambores forrados de madera dura o caucho.

Con el pulido en tambor no se obtiene un brillo tan bonito como con el disco de tela. Los metales blandos son más fáciles de pulimentar en tambor que los duros. Muy aceptado ha sido el pulido en tambor de pequeños objetos electrodepositados de cobre, latón, níquel o cadmio. En este procedimiento, el efecto de presión que en él surge disminuye la porosidad del depósito, que es particularmente grande en los recubrimientos base de cobre y latón sobre piezas de hierro, pero que apenas pueden determinarse.

**Pulido electrolítico.** - Estos métodos han alcanzado cierto interés a causa de la reducción de tiempo y de mano de obra, y también por el hecho de que en algunos casos es posible obtener un mayor grado de afinado del que podría obtenerse por métodos mecánicos de pulido.

**Mecanismo del pulido.** - La acción que tiene lugar en el baño de pulido electrolítico ocurre como resultado de las condiciones de elevada polarización que impera en el ánodo. Durante el tratamiento se produce una película que puede ser líquida o gaseosa; en el primer caso es una capa de solución que contienen una elevada concentración de sales del material del ánodo. Si ésta película ofrece una elevada resistencia al paso de la corriente y la superficie tienen zonas elevadas y zonas profundas, es evidente que la sección o espesor de ésta película será mayor en las depresiones, y de esta manera la densidad de corriente se disolverá rápidamente tendiendo a igualarse toda la superficie del metal.

Los metales son tratados con elevadas densidades de corriente, anódicamente, en electrolitos fuertemente

ácidos y casi sin agua, en los cuales los metales son poco solubles.

En resumen, con el pulido electrolítico no se obtienen un brillo de espejo pero ha sido muy aceptado, por la gran reflexión de luz que con él se logra.

En las pequeñas piezas, tales como tornillos, muelles, etc., se emplean también provechosamente el pulido catódico, colocándolas sobre una chapa de cobre perforada y un cátodo de acero inoxidable horizontal.

El pulido electrolítico exige una reducida y sencilla mano de obra; pero en cambio tiene la ventaja del gasto de un tratamiento electrolítico y de una elevada intensidad de corriente.

Para los objetos grandes el pulido electrolítico no resulta económico por usar intensidades de corriente, en muchas ocasiones, hasta de  $100 \text{ A/dm}^2$ , por lo cual el uso de este procedimiento queda limitado, por hoy, al tratamiento de piezas pequeñas.

Pulido electrolítico en superficies de:

Aceros al carbón .- Generalmente para obtener resultados satisfactorios, los aceros al carbón deben estar libres de defectos locales o picaduras, ya que estos tienden a aumentar en profundidad y a acentuarse con los métodos de pulido electrolítico. El electrolito de ácido sulfúrico y fosfórico es aplicable y se trabaja normalmente con densidades de corriente de 10 a  $54 \text{ A/dm}^2$  y a temperaturas tan altas como  $88^\circ\text{C}$ . Es conveniente un pequeño movimiento de los objetos dentro del baño.

Cobre y Latón.- El pulido electrolítico de estos materiales se hace empleando como electrolito una solución de ácido pirofosfórico al 53%. La densidad de corriente de 8 a 10 A/dm<sup>2</sup> con un potencial de 1.6 a 2 volts. La temperatura entre 15 y 22 °C.

El latón pulido electrolíticamente crea un importante problema cuando debe niquelarse, puesto que el tratamiento deja sobre la superficie del metal una película pasiva, y, en consecuencia, el depósito metálico o recubrimiento tiene muy poca adherencia. Un método de salvar esta complicación es depositar antes del niquelado una delgada capa de hierro sobre el latón, mediante un electrolito apropiado.

Las superficies pulidas electrolíticamente suelen estar libres de tensiones o esfuerzos, ésta técnica ofrece la posibilidad de obtener una gran variedad de acabados de las superficies. Desde el brillante al satinado o acabado mate.

Pulido Químico.- Una derivación del pulido electrolítico es el procedimiento de pulido químico. En este no se aplica, la corriente eléctrica; los artículos son sumergidos en ácidos tales como el fosfórico, el nítrico y el acético. Las temperaturas empleadas varían desde la ambiental, hasta tan altas como 93 °C, para una acción más rápida.

En todos los tratamientos de superficies metálicas para conseguir recubrimientos metálicos o no metálicos, orgánicos o inorgánicos, la limpieza a fondo de las piezas es el requisito esencial para la obtención de

una buena adherencia, larga duración, uniformidad y una apariencia sin manchas. En ninguna otra clase de procesos, para tratamiento superficial es preciso cumplir con tantas exigencias en cuanto a la limpieza de los objetos como en galvanotécnica.

Antes de aplicar los depósitos galvánicos, es fundamental que la superficie del metal a tratar esté limpia, es más, los materiales después de pulir se deben limpiar.

Los materiales extraños que se encuentran presentes en forma más común sobre las superficies metálicas, pueden dividirse en tres grupos; la primera clase se designa a menudo como grasa o mugre e incluye compuestos grasosos o aceitosos que han sido aplicados para prevenir la corrosión durante el almacenamiento y que son utilizados para hacer más tersas las superficies metálicas. Aun cuando estos últimos son llamados compuestos sin grasa, contienen abrasivos, pegamentos y preservativos que podemos incluir dentro de este grupo general, ya que muestran propiedades lubricantes.

La segunda clase de impurezas incluye todas las particular-extrañas que se derivan de la base metálica, éstos están representados por partículas de arena o de aceite que pueden haber sido adheridas en la superficie del metal como resultado del rolado, limpieza mediante chorro o diversos métodos de pulido.

La tercera clase de material contaminante consiste en aquellos compuestos metálicos como óxidos que fueron formados o dejados sobre la superficie metálica. En

casos específicos, otras sustancias tales como grafito y sulfuros, pueden encontrarse sobre la superficie metálica.

En general, es esencial eliminar toda sustancia extraña sobre la superficie del metal antes de proceder al tratamiento galvánico.

#### Desengrase.

No es suficiente una sola operación de limpieza y es indispensable llevar a cabo, una tras otra, varias fases de limpieza. El tratamiento comprende de un modo general, los tres procesos siguientes:

- a) Desengrase para la eliminación de grasa y aceites adheridos.
- b) Proceso mecánico o ácido para la separación de películas de óxido o de sales.
- c) Separación de lodos del mordentado, etc., según b), junto con la activación de la superficie metálica antes de la formación del depósito electrolítico.

Sin embargo aún bajo cualquiera de los procedimientos prácticos y comerciales, las superficies metálicas muy rara vez están absolutamente limpias, especialmente debido a que sustancias lo mismo sólidas que líquidas y gaseosa, se encuentran adsorbidas sobre ellas.

Ya hemos hablado de la importancia de la adecuada preparación y limpieza de las partes a tratar, por lo

que ahora se describirán los métodos más usados para desengrase y decapado.

Sustancias orgánicas, aceites y grasas, lubricantes en las operaciones mecánicas, en operaciones térmicas de temple, se eliminan mediante las operaciones de Desengrase.

Esta operación tiene como fin, preparar una superficie uniforme que pueda ser atacada por las soluciones decapantes.

Existen tres clases de sustancias utilizadas en el desengrase y limpieza de los metales; a) disolventes orgánicos; b) detergentes, que consisten en soluciones acuosas de distintos productos, generalmente alcalinos, en mezcla con otras de distinta naturaleza; c) productos de limpieza alcalinos emulsionados.

Disolventes orgánicos.- La eliminación de grasa puede efectuarse mediante un lavado con alguno de sus disolventes, como benceno, nafta, tetracloruro de carbono, tricloretileno, parafina, petróleo, etc.

El disolvente ideal para la limpieza del metal debería cumplir con los siguientes requisitos: a) ser barato y fácil de adquirir; b) ser no flamable; c) ser un disolvente efectivo para todos los tipos de aceites, grasa, ceras y alquitranes; d) carecer de toxicidad; e) poseer escaza viscosidad y tensión superficial, para facilitar la penetración en los depósitos de grasa; f) ser fácilmente separable del material extraído con un elevado porcentaje de recuperación; g) no ser corrosivo



para los metales, incluso a elevadas temperaturas. Es difícil hallar en un solo producto todas estas cualidades, pero algunos disolventes las poseen en mayor grado que otros.

Los disolventes son aplicados por inmersión o haciendo condensar sobre las piezas los vapores de los mismos. Siendo los más empleados el tricloretileno o el percloroetileno.

El procedimiento de lavar los objetos en un baño de disolvente líquido frío tiene varias desventajas. La principal es que queda sobre el objeto una película de disolvente que contiene algo de aceite disuelto, y por consiguiente cuando aquel se evapora queda algo de grasa sobre la superficie que ha sido lavada. Además la acción del disolvente usado en frío es relativamente lenta si no hay agitación, necesiéndose el empleo de un gran equipo. Es preciso mucho movimiento y la manipulación de los objetos a lavar, y por último muy costoso.

Emulsiones detergentes.- Los productos de limpieza emulgentes tienen en potencia un amplio campo de aplicaciones a causa de sus bajos costos de utilización y de eficacia. Estos agentes producen solamente una superficie físicamente limpia, no obstante ésta es apta para los procesos de electrodeposición, pintura o procesos similares. Si hay que efectuar un recubrimiento, es preciso dejar el metal químicamente limpio; de tal manera, que es esencial un tratamiento alcalino después de la limpieza con emulgentes y antes de la operación de recubrimiento electrolítico como sustituto del desengrase con tricloretileno, el cual de la misma

manera, solo produce una limpieza física de la superficie del metal.

**Emulsificación.** - La eficiencia de un detergente como agente emulsionante viene determinada por su capacidad para provocar la espontánea dispersión del aceite en forma de pequeñísimas gotitas, unida a su propiedad estabilizadora de la emulsión, evitándo que las partículas dispersas se reunan de nuevo. Los agentes emulsionantes se caracterizan por su tendencia a concentrarse en la superficie de separación agua-aceite.

Los agentes emulsionantes son tambien casi siempre agentes humectantes, y es difícil distinguir claramente entre estos dos fenómenos.

**Desengrasado alcalino.** - Consiste en la inmersión de las piezas en recipientes de acero que contienen soluciones alcalinas (solución de hidróxido de fosfato, sodio o potasio con agentes humectantes). La solución normalmente se calienta a 80 o a 100°C. Se recurre a serpentines por los cuales circula vapor (con o sin introducción de vapor en el líquido). Los recipientes deben ser soldados mediante soldadura autógena. Grandes instalaciones usan un túnel donde la solución alcalina es rociada sobre las piezas.

Las piezas de latón, cobre o bronce, despues de pasar por este tratamiento, pueden quedar más o menos manchadas. Se eliminan éstas mojando las piezas con un solución de cianuro sódico al 10%.

	Mezcla sólida	Dilución acuosa
	15-35% NaOH	
	10-30 Silicato sódico	
Hierro y	10-30 Sosa	3-7
Acero.	10-30 $\text{NaPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	
	5-10 Jabón detergente	

Observaciones: Baño fuertemente activo para suciedades intensivas.

Desengrase electrolítico.- El uso del desengrase electrolítico alcalino es actualmente una práctica muy común en procesos de galvanotecnia. Fundamentalmente, consiste en suspender los artículos en una solución alcalina, empleando baños de sales sódicas y amoniacales poco costosas (cloruros, sulfatos) y hacerlos actuar como electrodo en un circuito eléctrico de corriente continua. Los objetos actúan generalmente de cátodo y se les aplica un diferencia de potencial de 6 a 12 voltios; las densidades de corriente catódica varían entre 3 y 10  $\text{A}/\text{dm}^2$ . Un considerable volumen de hidrógeno se libera en la superficie de los objetos a limpiar, y ésta producción de gas limpia eficazmente la superficie metálica gracias a su acción mecánica de restregado, que acelera el trabajo de la solución alcalina. Es muy conveniente para piezas sencillas que permiten una buena distribución de corriente.

El tanque puede actuar de ánodo, pero es preferible emplear ánodos separados, pues podrán controlarse más fácilmente las densidades de corriente. El níquel constituye un metal ideal para los ánodos, ya que no es recubierto ni atacado por las soluciones utilizadas.

Las películas depositadas son muy finas y pueden ser eliminadas durante las operaciones que siguen al desengrase, tales como una inmersión rápida en una solución de cianuro o sumergiendo los objetos en ácido clorhídrico o sulfúrico diluido.

Cuando los metales sensibles han de ser desengrasados antes de recubrirlos con una capa de níquel brillante por inmersión en solución de tipo orgánico, el desengrase electrolítico alcalino debería ser siempre anódico. El latón y las aleaciones a base de cinc no deben someterse a un tratamiento catódico final alcalino si se quieren obtener buenos depósitos de níquel.

Condiciones de trabajo.- Los desengrases electrolíticos se emplean generalmente en caliente, y los tanques deben disponer de un rebosadero apropiado para permitir que sea fácilmente separada la grasa que se acumula en la superficie.

La potasa cáustica se prefiere algunas veces a la sosa cáustica en los desengrases electrolíticos en razón de la mayor conductibilidad de sus soluciones a todas las concentraciones.

Los agentes humectantes no se emplean en los desengrases electrolíticos. Si se pretende incluirlos, deben seleccionarse cuidadosamente y emplearse con discreción dadas sus propiedades espumantes. Esta producción de espuma puede llegar a ser muy molesta, incluso con las fórmulas de desengrase ordinario, a causa del gran desprendimiento de gases en el cátodo.

Esta espuma grasa conviene eliminarla a menudo, puesto que puede ensuciar las piezas al extraerlas del baño.

Para reducir la producción de espuma se ha incluido, en las soluciones, materiales polares insolubles (como el alcohol octílico o hexílico), en forma de emulsión, pero su uso presenta desventajas, puesto que son realmente volátiles y se evaporan cuando se emplean en solución caliente.

Desengrase-cobreado.- En este tipo de baño se obtiene el desengrase y además una ligera aplicación de cobre. La gran ventaja de este baño consiste en que el desengrase queda perfectamente terminado y uniforme pero para que se realice necesita una densidad de corriente de 10 a 15 A/dm<sup>2</sup>.

Hay que tener, pues, cuidado de no prolongar el desengrase cobreado si se quiere que los recubrimientos posteriores se adhieran convenientemente.

Limpieza electrolítica.- El mejor sistema de trabajo consiste en desengrasar los objetos previamente en el cátodo, durante 1 min; después se cambia el sentido de la corriente y entonces las piezas se limpian anódicamente. También puede cambiarse el sentido de la corriente cada 10 a 20 seg durante el proceso de limpieza.

Prueba de la eficiencia del desengrase.- Constantemente debe vigilarse el resultado de cada desengrase, el grado de limpieza en la superficie de los objetos, el correcto funcionamiento del baño, etc. El

procedimiento de prueba más sencillo es la llamada prueba de la gota. Si al rociar con agua el objeto no se cubre por completo con una película continua y aparecen las islas de agua (fruncimientos que experimenta el agua cuando se pone en contacto con una superficie grasienta), quiere decir que la limpieza no es completa. Como esta prueba no acusa la existencia de grasa sobre la superficie, p. ej. cuando aquellos se encuentran en presencia de jabones de ácido graso, debe realizarse siempre después de una corta inmersión en una solución diluida de ácido. Otro método puede ser el empleo de la medida de intensidad de fluorescencia por irradiación con luz ultravioleta.

La intensidad de fluorescencia, como ya es conocido, es proporcional a la cantidad de grasa y aceite contenido en la superficie del objeto. Aunque hay que considerar que este método por el momento no es práctico, ya que no es costeable y se necesitaría capacitar al personal.

#### Decapado.

Las formaciones más frecuentes que recubren la superficie fuertemente corroída bajo formas de escamas, astillas o similares, son eliminadas mecánicamente en las operaciones de limpieza mediante cepillos, muelas esmeriles, chorro de arena silicea (arenado). Así como capas de óxido ligero.

Existen diversos métodos, que si se efectúan en forma adecuada, quitan la cascarilla y el óxido con un

ataque mínimo sobre el metal puro.

Este tipo de preparación se lleva a cabo en ciertas piezas de acero que son demasiado grandes para ser introducidos en tanques.

Decapado por chorro de abrasivo.- Un método apropiado para la eliminación del herrín es la proyección de partículas abrasivas animadas de gran velocidad sobre las superficies metálicas.

El empleo de abrasivos es especialmente útil para la eliminación de los herrines silíceos producidos al soldar o fundir en arena; éstos son muy resistentes a los ácidos, el decapado a chorro es un método apropiado para proceder contra los herrines de este tipo. No obstante, debe tenerse cuidado en el caso de eliminar el herrín en las operaciones de laminado; se evitará introducir partículas de abrasivo en la superficie del metal, pues podrían actuar como centros de corrosión cuando se aplicasen los recubrimientos de acabado.

Entre los abrasivos más comunes, primeramente se usó arena por barata y abundante pero tienen el inconveniente de que el polvo producido es perjudicial para la salud.

En los últimos años, se observa una tendencia cada vez mayor hacia el empleo de granalla o perdigones de acero endurecido.

Estos abrasivos tienen sus ventajas:  
1) reducción de la formación de polvo;

- 2) vida más larga del abrasivo;
- 3) mayor uniformidad en el decapado;
- 4) mayor eficiencia para un mismo consumo de energía.

Chorroado con vapor.- Un perfeccionamiento reciente es el chorroado con vapor o proceso de decapado mediante lodos abrasivos. En este método, el abrasivo, generalmente alúmina sintética, en partículas de tamaño apropiado y en suspensión acuosa, formando un lodo se conduce por gravedad a una tobera mediante la cual, y con ayuda de una corriente de vapor o de aire, es proyectada sobre las piezas a decapar. Con este procedimiento, adquiere el metal una superficie limpia y mate muy apta para las operaciones siguientes de pulido, recubrimiento, etc.

Decapado de los metales ferrosos.- La mayor cantidad de material decapado corresponde al hierro y al acero, y este proceso constituye una de las más importantes operaciones industriales. Así todos los procesos electrogalvánicos de acero deben ser decapados antes de su electrodeposición.

Ácidos usados.- La eliminación del herrín de los metales no ferrosos se lleva a efecto, decapado en una solución de ácido sulfúrico o clorhídrico.

La eliminación del herrín se produce como resultado de :

- a) la eliminación química de la capa de herrín, y
- b) el desprendimiento del gas originado al reaccionar el ácido con el metal base.



Acido sulfúrico.- El mejor ácido comercial tiene una concentración del 95%; su acción sobre el hierro y el acero es pequeña. Empezando con una baja concentración de ácido, se observa que al aumentar la misma, disminuye el tiempo de decapado, hasta que alcanza un máximo cuando la concentración, está aproximada al 25%; después, la velocidad de decapado disminuye rápidamente.

Se emplea una solución de 5 a 10% de ácido sulfúrico a 80-80°C, pero a medida que el ácido se convierte en sulfato ferroso, periódicamente se ha de añadir más para que permanezca constante el contenido de ácido en el tanque. Cuando la concentración de sulfato ferroso sea elevado, se debe vaciar el tanque y deshechar la solución.

Acido clorhídrico.- El ácido comercial consiste en una solución acuosa al 30-35% ácido clorhídrico gaseoso. La volatilidad del ácido hace impracticable su empleo a elevadas temperaturas. La velocidad de decapado se incrementa con la elevación de la concentración de ácido.

A veces se practica la adición del ácido clorhídrico al ácido sulfúrico. Con tales condiciones se acelera el decapado y la mayor solubilidad del cloruro ferroso hace posible usar la solución más tiempo.

Después del decapado, queda sobre la superficie del metal una capa de lodo adherente; mucho de este lodo se acumula también en la superficie del depósito. En el decapado con el ácido sulfúrico, el depósito contienen hasta un 0.6% del hierro disuelto en el ácido; con el

ácido clorhídrico la cantidad de lodo producida es menor. Este lodo contienen también una alta proporción de los metales nobles contenidos como trazas en el metal que se decapa, los cuales se precipitan sobre las superficie del acero.

Es importante el lavado cuidadoso del metal decapado para quitar estos depósitos. Este lavado debe ser a conciencia para eliminar todas las trazas de sulfatos. A este lavado le sigue, a veces, una inmersión de soluciones diluidas de ácido fosfórico o dicromato sódico para formar películas de inhibidores anticorrosivos de fosfato o cromato de hierro en la superficie del metal.

Decapado electrolítico. <sup>2</sup> En éste el metal actúa como ánodo o cátodo en una solución de un ácido o de una sal neutra. El decapado anódico es el preferible, pues se evita el peligro de que el material adsorba hidrógeno. El herrín se elimina principalmente como resultado de la acción mecánica del gas puesto en libertad (durante la electrólisis), en la superficie del metal. Generalmente se usa como electrolito, ácido sulfúrico diluido siendo la densidad de corriente de 2 a 10 A/dm<sup>2</sup>. Las dificultades de aplicar la corriente y la duda de saber si los resultados justifican el empleo de un equipo relativamente complicado y costoso, han limitado la aplicación general del sistema.

Decapado de los metales no ferrosos.- Los principales metales no ferrosos que presentan algunos problemas reales de desincrustación en la práctica industrial, son las aleaciones de cobre, bronce y latón

donde para su limpieza se prefiere el decapado químico o bien electroquímico.

El cobre y sus aleaciones, como latón y bronce, se decapan corrientemente en ácido sulfúrico caliente del 10%. bajo condiciones similares a las usadas en el decapado de los metales ferrosos. aunque es obvio que los metales ferrosos y los no ferrosos no deben tratarse en el mismo baño. El óxido se elimina en gran parte por disolución química, este tipo de decapado se aplica principalmente en el desoxidado de las aleaciones en conexión con el laminado o el prensado.

Ultrasonido.- Quizá en un futuro no muy lejano un método para efectuar la limpieza de las superficies es el de ultrasonido, ya que de momento es costoso, y por lo menos no contamina y es rápido.

En este método se emplean para limpiar pequeñas piezas y básicamente consiste en emplear, vibraciones ultrasonoras (más de 30,000 hertz), en el interior del líquido lavador. Aparatos adecuados permiten la producción de ultrasonido para la limpieza de pequeñas piezas mecánicas de precisión. El procedimiento da óptimos resultados ya que como se efectúa en frío, permite notables ahorros de energía y de líquido ya que este no sufre evaporación.

Un serio obstáculo en la investigación exhaustiva acerca de la limpieza de los metales, es la dificultad para definir cuando está limpia una superficie. Los criterios más comunmente aplicados son: Primero la ausencia de ruptura en la película de agua, o sea la

humectación completa de la superficie cuando se enjuaga con agua; segundo, el que cualquier grumo pueda limpiarse por simple frotación; y tercero, la producción de depósitos adherentes y continuos. Pero ninguna de estas pruebas proporciona una evidencia cuantitativa del grado de limpieza de la superficie.

Por lo que han sido propuestas varias pruebas para medir la eficiencia de los procedimientos de limpieza, aplicando inicialmente un aceite adecuado y despues exponiéndolo con la superficie limpia a luz ultravioleta, lo que ocasiona la fluorescencia de cualquier aceite residual. Esta prueba puede ser útil para comparar los periodos de tiempo requeridos por diferentes materiales o procedimientos que puedan quitar prácticamente todo el aceite.

Existe la necesidad real de estudios más fundamentales acerca de la presencia, composición, ausencia y efectos de las películas sobre las superficies metálicas. La aplicación de métodos tales como la difracción de rayos X o la difracción de electrones, así como la observación mediante el microscopio electrónico, podrá ciertamente dar luz en estos problemas.

El único inconveniente es que estos métodos no son ni económicos ni prácticos.

## CAPITULO III

### PROCESOS DE NIQUELADO, COBRIZADO Y CROMADO.

#### NIQUELADO. -

El níquel es el metal más importante que se aplica en galvanotécnica, no solo en términos de tonelaje de metal consumido, sino también por la amplia diversidad de sus usos, por lo que se refiere tanto a los muchos metales base cubiertos, como a los numerosos tipos de artículos electrodepositados. La experiencia ha demostrado que las capas de níquel son las más adecuadas para proporcionar este tipo de protección. Esta conclusión se confirmó durante el tiempo de la guerra cuando la demanda de níquel para otros usos restringió gradualmente su uso para niquelar, excepto para importantes usos militares especiales. Los intentos para sustituir el níquel con cobre en recubrimientos electrolíticos dieron depósitos con un valor protector inferior. Aun cuando el cobre es todavía frecuentemente usado como capa inicial o intermedia sobre acero, la tendencia actual consiste tanto en aumentar la proporción de níquel, como el espesor de la capa final de níquel en esta clase de recubrimientos.

Los depósitos de níquel son también importantes, porque ilustran y comprenden muchos de los factores importantes en electrodepósitos, tales como la pasividad del ánodo, la alta polarización química del cátodo, depósitos más tensos, control del pH, agujeramiento en la superficie y efectos de agentes aditivos. Por lo tanto, el estudio intensivo del niquelado es útil, no solo por sí mismo, sino también porque ilustra muchos otros problemas de galvanizado.

Las aplicaciones electrolíticas de níquel se hallan extraordinariamente difundidos en el campo de la decoración. Se completan por lo común con una ligera aplicación de cromo, que conserva su brillo, pues, a la larga, el níquel tiene tendencia a empañarse cuando está solo. Los recubrimientos decorativos de níquel son siempre de poco espesor, siendo de 1 a 40 micras aproximadamente. También se realizan aplicaciones gruesas de níquel, que pueden alcanzar varios milímetros de espesor. Esto se hace cuando se trata de proteger determinadas piezas contra la corrosión y el desgaste o bien cuando se trata de rellenarlos. Pueden señalarse como aplicaciones electrolíticas espesas de níquel las que suelen realizarse en álabes de turbinas, hélices, ejes de bombas, varillas de émbolos, etc.

He aquí algunas características del níquel:

Densidad	8.9 Kg/dm <sup>3</sup>
Pto. de fusión	1450 °C
Calor específico	0.11 cal/gr °C
Coefficiente de dilatación	13.1 X 10 <sup>-6</sup>
Conductibilidad térmica	0.16 cal cm/cm <sup>2</sup> °Cseg.
Resistencia específica	7 cm <sup>2</sup> /cm
Módulo de elasticidad a la tracción	21000

La dureza de los recubrimientos electrolíticos de níquel es bastante variable. Suele ser de 130 a 425 Brinell aproximadamente, según el tipo de baño que haya sido utilizado. Para una dureza de 120-130 Brinell la carga de rotura a la tracción es de 35 Kg/mm<sup>2</sup> y el alargamiento de 30 a 35%.

El níquel ofrece una buena resistencia a la corrosión. Resiste muy bien los álcalis (sosa y potása), a las sales alcalinas (carbonato sódico, sulfato potásico...) y a las soluciones de sales orgánicas (ácido acético, ácido tartárico, etc.). En caliente prácticamente no se oxida antes de alcanzar temperaturas del orden de 700°C.

#### Anodos. -

El buen comportamiento de un ánodo en baño de níquelado tiene una gran importancia. En primer lugar, su rendimiento ha de ser el más elevado posible, y por otra parte no debe introducir en los baños impurezas o partículas que podrían dirigirse a las piezas y provocar rugosidades o picado.

Un ánodo por consiguiente debe corroerse de un modo uniforme y permanecer limpio, es decir, no debe cubrirse de una capa negra (carbonilla), compuesta de un óxido de níquel y de ciertas impurezas. Por otra parte los ánodos van rodeados de fundas de algodón o nylon, que deben permanecer limpias para evitar contaminación por compuestos orgánicos.

Los ánodos de níquel se presentan bajo diversos tipos:

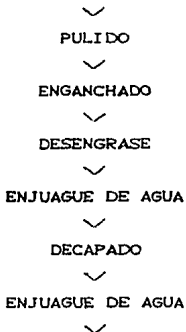
- 1) Ánodos fundidos.
- 2) Ánodos laminados corrientes
- 3) Ánodos despolarizados.

1) Anodos fundidos son atacados con facilidad, pero muestran tendencia a disgregarse debido a su estructura, lo que puede provocar recubrimientos de níquel rugosos.

2) Anodos laminados son de un grano más homogéneo y más fino que el anterior. Dan mejores resultados, especialmente cuando el trabajo se efectúa bajo fuertes densidades de corriente. Cuando los ánodos laminados están constituidos por níquel muy puro representan a veces el inconveniente de la pasividad. Esta pasividad puede, no obstante, anularse por corrosión en una solución clorhídrica al 35%.

3) Anodos despolarizados están constituidos por níquel muy puro laminado y conteniendo óxido de níquel muy finamente repartido por la masa del metal. La presencia de óxido de níquel regulariza la corrosión sin introducir materias extrañas. Los ánodos despolarizados dan muy buen resultado en los baños calientes con densidad media o elevada.

#### DIFERENTES PASOS DEL PROCESO DE NIQUELADO.





NEUTRALIZADO  
∨  
ENJUAGUE DE AGUA  
∨  
NIQUELADO  
∨  
ENJUAGUE DE AGUA  
∨  
SECADO EN AGUA CALIENTE

Descripción del proceso. -

Preparación de las piezas. - Se ha indicado con anterioridad, en cap. II, las operaciones a efectuar, para lograr aplicaciones electrolíticas adherentes. Los recubrimientos de níquel requieren una buena preparación de las piezas bien adaptadas a la aleación a recubrir, especialmente cuando aquellas han de ser espesas y completadas con un recubrimiento electrolítico final.

A continuación se dan algunas pautas a seguir para el tratamiento previo de los diferentes materiales a recubrir, sobre todo latón, cobre, acero y hierro fundido.

Latón. - Además del desengrase al tricloroetileno, y del desengrase electrolítico en solución alcalina (con las piezas en el cátodo), se aconseja un tratamiento electrolítico alcalino con las piezas en el ánodo, durante algunos segundos (se utilizan los mismos baños que para el desengrase de tipo catódico). A continuación y tras el lavado, se sumergen las piezas en una solución de ácido clorhídrico del 10 al 15% a la temperatura

aproximada de  $60^{\circ}\text{C}$  y durante un tiempo de 20 a 30 segundos.

**Cobre.** - Como en el caso del latón, tras desengrase alcalino (con las piezas en el cátodo), se efectúa un tratamiento anódico y se sumergen en una solución de cianuro de sodio al 5%, a la temperatura ordinaria, durante algunos segundos. Finalmente después del lavado, se sumergen en una solución de ácido sulfúrico del 5 al 6%, a la temperatura aproximada de  $60^{\circ}\text{C}$  durante algunos instantes.

**Acero.** - Tras desengrasar al tricloroetileno, efectuar el desengrasado alcalino en el cátodo y tratar en el ánodo, y después del lavado, se sumergen las piezas en una solución clorhídrica del 10 al 15%, a la temperatura aproximada de  $60^{\circ}\text{C}$  y durante un tiempo de 20 a 30 segundos.

**Hierro fundido.** - Después del desengrase al tricloroetileno, se realiza un desengrase catódico alcalino seguido de un tratamiento anódico. Se lavan y se colocan las piezas en el ánodo de un baño sulfúrico con una dosis aproximada del 15% de ácido sulfúrico y a la temperatura ordinaria. La densidad de corriente es de 15 a  $20 \text{ A/dm}^2$  y la operación dura aproximadamente 5 minutos.

Lavado y neutralizado al final del capítulo.

Posteriormente se llega al depósito de níquel.

En el esquema (Fig. 3.1) se muestra la celda electrolítica que se emplea para la protección catódica. Esta consta de 3 partes principales:

- 1) El electrolito, que consiste principalmente de una solución de níquel.
- 2) Anodos, que como ya se mencionó hay diferentes tipos a elegir según sean las necesidades.
- 3) Cátodos, que es la pieza u objeto a tratar electrolíticamente para ser recubierto y que puede ser de diferentes materiales, principalmente: acero, hierro fundido, latón o cobre.

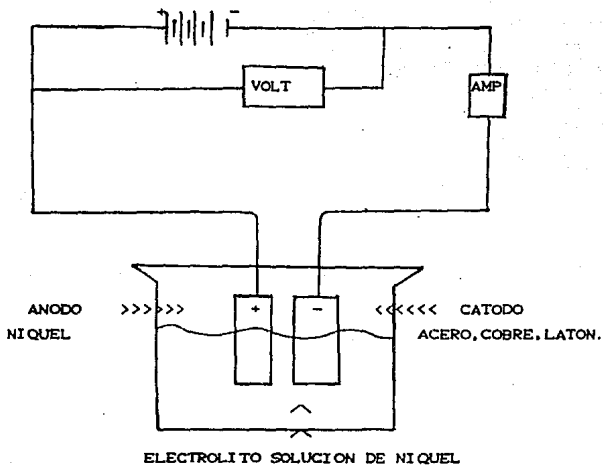
Además incluye una fuente de poder, un voltímetro que nos indica el voltaje suministrado a la celda, y un amperímetro para conocer la densidad de corriente y de esta manera controlar las condiciones de operación de la celda.

Después del último lavado con agua, es necesario inmediatamente secar las piezas electrodepositadas, ya que de no ser así aparecerán manchas blancas, las cuales se tendrán que quitar posteriormente ocasionando etapas extras.

Una de las formas para secarlas puede ser, sumergiéndolas en agua caliente, sacándolas y dejarlas escurrir, posteriormente desengancharlas y dar término al proceso de níquelado.

Otra de las formas de secado es desenganchar las piezas, dejándolas caer en aserrín para que éste absorba

DIAGRAMA DE LA CELDA ELECTROLITICA PARA NIQUELADO.



toda el agua que tienen dichas piezas terminando así el proceso.

#### COBRIZADO. -

El cobre es un metal muy maleable, dúctil y tenaz, de color rojo muy usado en la industria. Se utiliza en el estado comercial de pureza, pero la mayor demanda, es como elemento principal en las aleaciones de latón y bronce.

Los metales en los cuales se deposita el cobre por medio de la electrólisis son: el estaño y sus aleaciones, el plomo y sus aleaciones, hierro, hierro estañado, cinc y acero. Cuando se desea dorar, platear o niquelar artículos de otros metales, siempre es aconsejable recubrirlos primeramente con cobre y a veces es imprescindible.

El cobre puede adherirse mucho más firmemente al hierro y acero que el níquel. mientras que éste se adhiere con firmeza al cobre. Otro punto en favor del cobreado es que permite ver al operador cuando el objeto se encuentra o no, perfectamente limpio, pues el cobre no se deposita firmemente en el hierro o acero sucio, levantándose la capa. El niquelado se observa mejor en el cobre que en el hierro, pudiéndose seguir todo el proceso del recubrimiento. Además el cobre penetra mejor en los agujeros, mientras que el níquel se levanta en esos lugares bajo al acción de la humedad.

Las aplicaciones electrolíticas del cobre que están bien realizadas son de color rosa salmón. A partir de un espesor de 10 micras, su porosidad es muy débil. El cobre expuesto al aire seco, se empaña con bastante lentitud, pero en presencia del aire húmedo se cubre de verde. Sometido a la acción del calor se oxida a temperaturas bajas (200°C). Es un excelente conductor del calor y la electricidad.

Sus propiedades físicas son:

Densidad	8.9 Hg/dm <sup>2</sup>
Punto de fusión	1080 °C
Calor específico	0.09 cal/gr°C
Conductibilidad térmica	0.93 calcm/cm <sup>2</sup> Cseg
Resistencia específica	1.7 cm <sup>2</sup> /cm
Dureza Brinell	40 a 50

Las aplicaciones electrolíticas de cobre son especialmente utilizadas en forma de primera capa destinada casi siempre a recibir una posterior aplicación de níquel. También se acude a estas aplicaciones para proteger las partes de las piezas a cimentar que no hayan de ser tratadas.

Anodos. -

Hay tres tipos de ánodos de cobre, conocidos como:

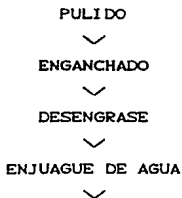
1) Cátodos electrolíticos son llamados así porque se obtienen de la refinación electrolítica del cobre blister, dando como resultado cobre electrolítico, en forma de láminas. Estas láminas de cobre son cortados a

la medida, siendo muy puros y baratos, teniendo un extenso uso en electrolitipia, pero una desventaja es que son bastante delgadas (cerca de 0.5 pulg. o 1.25 cm) y por lo tanto, pueden producir considerables rebabas ocasionando desprendimientos del metal.

2) Cobre vaciado pueden ser hechos de cualquier forma y tamaño, incluso como barras y esferas. Anteriormente contenían pequeñas cantidades de óxido, probablemente óxido cuproso, por lo que se desprendían partículas metálicas durante la disolución de los ánodos. Esta dificultad se ha aminorado teniéndose más cuidado al fundir y vaciar, y obtener estructuras de grano más finas. El uso en baño de cianuro de cestos de acero, p. ej. para sostener ánodos redondos de cobre, introducirá ferrocianuro en los baños.

3) Cobre rolado, están hechos de cobre rolado o vaciado al espesor y forma deseados. Este proceso reduce el tamaño del grano y promueven una corrosión uniforme. Los ánodos rolados son muy usados en todos los baños de cobre.

#### DIFERENTES PASOS EN EL PROCESO DE COBRIZADO.



DECAPADO  
∨  
ENJUAGUE DE AGUA  
∨  
NEUTRALIZADO  
∨  
ENJUAGUE DE AGUA  
∨  
COBRIZADO  
∨  
ENJUAGUE DE AGUA  
∨  
SECADO EN AGUA CALIENTE

**Descripción del proceso. -**

**Preparación de las piezas. -** La superficie de los objetos antes de cobrear deberá ser limpiada y preparada adecuadamente, cap. II.

**Tratamientos previos para la preparación de superficies a cobrizar:**

**Hierro y acero. -** Estos deberán ser liberados de óxidos, mediante la inmersión dentro de una salmuera de 180 grs de ácido sulfúrico y 15 grs de ácido muriático en cada 4 1/2 litros de agua. Deberán ser lavados a continuación y sumergidos en otra salmuera compuesta de 250 grs de potasa americana disuelta en 4 1/2 litros de agua caliente. Si las superficies presentan agujeros o pozos, las partes corroídas deberán pulirse con esmeril en la pulidora, después de lo cual los objetos deberán ser sumergidos en la salmuera de potasa a fin de



liberarlos de grasa. Todas las superficies deberán ser bien pulidas antes de aplicar el recubrimiento de cobre, debido a que la delgada capa no permite el pulido despues. La salmuera de potasa impide que se forme óxido en el hierro y el acero, pero no es aconsejable introducirlos en agua despues de la potasa, llevándolos con toda rapidez al baño de cobreado.

Lavado y neutralizado.- Estos pasos son de suma importancia , despues de cualquier operación previa al electrodepósito asegurando así buena adherencia del depósito y finalmente un buen acabado. Se trata más extensamente al final de este capítulo.

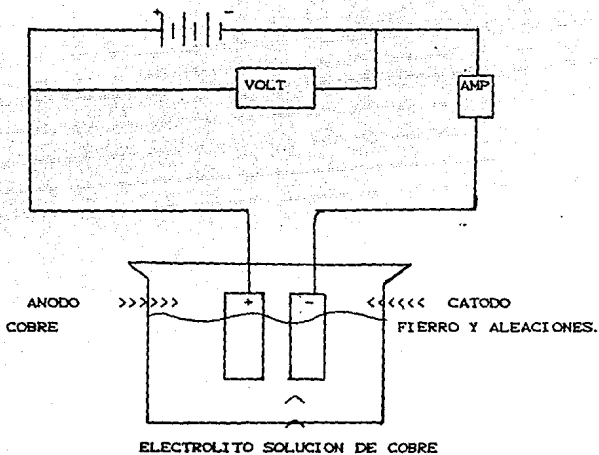
En el diagrama (Fig. 3.2), se muestra la celda utilizada para la protección catódica por medio de cobre. La celda o baño consta de tres partes principales:

- 1) Electrolito.- Compuesto por una solución de cobre.
- 2) Anodos.- Los hay de diferente tipo, y cada uno se emplea según lo que se desee proteger.
- 3) Cátodo.- Es la pieza a someter a este tratamiento y puede ser hierro y sus aleaciones p.ej.

Además se tiene en la celda una fuente de poder, el voltímetro y amperímetro, para poder controlar las condiciones de operación de la celda.

Si se desea una superficie pareja y suave deberá aplicarse solamente una delgada capa de cobre. Si el objeto a cobrear es una superficie plana, el recubrimiento será débil pero una superficie plana, el

## DIAGRAMA DE LA CELDA ELECTROLITICA PARA COBRIZADO.



TESIS PROFESIONAL  
 INGENIERO QUIMICO  
 CARLOS OROZCO H.  
 FESC UNAM

recubrimiento si tiene relieves, el recubrimiento alrededor de todo el objeto, quedará adherido con firmeza.

Si inmediatamente va someter a otro baño de electrodepósito no habrá necesidad de secar pero si no es así entonces se recomienda secado por agua caliente.

Las piezas ya secas se desenganchan y el proceso termina; pero si la superficie debe ser sometidas a otro proceso de electrodepósito deben ser lavados y transferidos al baño que se desee.

#### CROMADO. -

El uso muy extendido de depósitos de cromo para recubrimientos industriales y decorativos, ha representado, una revolución en la industria de la galvanotecnia, pues implica la precipitación del metal a partir de un baño, en el que se requiere condiciones de operación con un control mayor que en los baños galvanotécnicos anteriormente mencionados. Los conocimientos y el equipo para cumplir tales requerimientos del cromado, han hecho avanzar indudablemente el estado de la galvanotecnia de todos tipos.

Las aplicaciones electrolíticas de cromo presentan un aspecto azulado, son de gran dureza (400 a 1000 Brinell), y ofrecen buena resistencia al empañamiento. Pueden distinguirse recubrimientos muy delgados,

destinados a la decoración y recubrimientos espesos para diversas aplicaciones industriales. Un cromado electrolítico para decoración es generalmente depositado sobre una capa de níquel que caracteriza la protección de las piezas contra la corrosión atmosférica, al mismo tiempo que la delgada película de cromo se opone al empañamiento.

Cuando se depositan capas espesas se trata especialmente de aplicaciones industriales que requieren resistencia al desgaste, la mejora de las condiciones de rozamiento, resistencia a la corrosión, etc., como en matrices de estirado, cilindros de laminadora, ejes de bombas, émbolos, etc., pudiendo oscilar el espesor entre una centésima de milímetro y unos décimos.

Algunas características del cromo son:

Densidad	7.14 Kg/dm <sup>3</sup>
Temperatura de fusión	1800 °C
Coefficiente de dilatación lineal	0.8 mm/m °C
Conductibilidad térmica	0.8 cal/cm <sup>2</sup> /cm <sup>2</sup> °Cseg
Resistencia específica	40 cm <sup>2</sup> /cm
Módulo de elasticidad	25000 Kg/mm <sup>2</sup>

El cromo resiste bien a la oxidación en presencia del aire, no produciéndose prácticamente sino a temperaturas elevadas del orden de 800°C. El índice de reflexión del cromo es del 65%. Resulta interesante advertir que el cromo resiste a la mayor parte de los agentes químicos ácidos, bases, sales, etc.

#### Anodos. -

Pueden utilizarse ánodos de cromo, aunque tienen el inconveniente de ser costosos y de producir una concentración demasiado fuerte en cromato de cromo con la consecuente disminución del rendimiento. Los ánodos de hierro o acero son también empleados, pero la formación de cromato de hierro disminuye con bastante rapidez el poder de penetración. Se consiguen los mejores resultados con ánodos de plomo. Estos ánodos son insolubles, pero se recubren de una película adherente de cromato de plomo y peróxido de plomo que aumenta la resistencia eléctrica y rebaja de este modo la densidad de corriente. Resulta, pues, obligado limpiar con frecuencia los ánodos con cepillos o sumergirlos en una solución saturada de cloruro sódico conteniendo una pequeña cantidad de ácido clorhídrico. Ha podido observarse que los ánodos de plomo conteniendo un 6% de antimonio son los más satisfactorios.

En los baños de cromato conviene utilizar numerosos ánodos poco anchos (de 40 a 50 mm de anchura), para obtener una mejor distribución de la corriente.

#### DIFERENTES PASOS DEL PROCESO DE CROMADO

PULIDO



ENGANCHADO



DESENGRASE



ENJUAGUE EN AGUA

NEUTRALIZADO  
∨  
ENJUAGUE EN AGUA  
∨  
CROMADO  
∨  
ENJUAGUE EN AGUA  
∨  
SECADO EN AGUA CALIENTE

Descripción del proceso. -

Preparación de las piezas. - Los procesos de pulido, desengrase y decapado ya se han tratado.

Por su naturaleza fuertemente oxidante, la solución de ácido crómico es capaz de efectuar recubrimientos de superficie metálicas ligeramente engrasadas y no tan escrupulosamente libres de materias extrañas, como se requiere al efectuar el recubrimiento en soluciones de otros metales. La considerable cantidad de gas que se libera durante la operación sirve también para eliminar cualquier ligera película que pudiera quedar. En general, los depósitos de níquel pueden ser cromados directamente después de pulimentarlos, sin ningún tratamiento de limpieza, con tal que no transcurra un tiempo excesivo entre el acabado y el recubrimiento electroлитico.

Si el cromado es directo, antes de colocar los objetos en los soportes se acostumbra frotarlos con un trapo y polvo de pulir para remover la grasa y la composición para el pulido que pudieran hallarse

presente, y que podría molestar para la brillantes del depósito. Después de la limpieza de los objetos serán sumergidos en la celda.

Se recomienda que el cromado se lleve a cabo sobre una capa de níquel electrolítico. Esta primera capa, debe realizarse con cuidado, conviene que no sea frágil y que esté bien adherida al metal base, ya que el cromado constituye una dura prueba a consecuencia de las tensiones a que se somete la capa de cromo.

Lavado y neutralizado.- Debe hacerse lo mejor posible, aunque el gasto de agua es importante si se desea un buen acabado debe realizarse a la perfección.

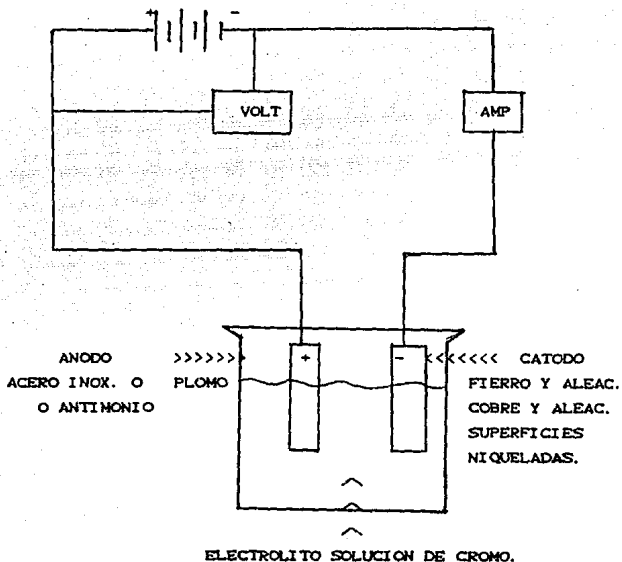
El paso siguiente es el electrodepósito de cromo. La celda en el que se lleva a cabo, consta de:(Fig.3.3)

- 1) Electrolito.- Solución de cromo.
- 2) Anodo.- Puede ser de plomo o acero inoxidable.
- 3) Cátodo.- Objetos a cromar de fierro y aleaciones, de cobre y aleaciones o superficies niqueladas.

Además se cuenta con voltímetro, amperímetro y fuente de poder, para controlar las condiciones de operación de la celda.

Lavado final.- Después del cromado, debe efectuarse un meticuloso lavado. Conviene hacerlo por inmersión en solución, conteniendo carbonato sódico y se sumerge inmediatamente en agua fría y agua caliente; finalmente dejándose secar y desenganchando los objetos.

DIAGRAMA DE LA CELDA ELECTROLITICA PARA CROMADO.



TESIS PROFESIONAL  
INGENIERO QUIMICO  
CARLOS OROZCO H.  
FESC UNAM



#### Lavado y neutralizado.-

Lavado.- Para conseguir un buen éxito en el desengrase, decapado y especialmente en los recubrimientos electrolíticos hay que tener en cuenta el lavado o enjuagado de las piezas. Por eso, muchos depósitos galvánicos defectuosos tiene su origen, no solo en la deficiencia de los baños, sino en la insuficiencia del lavado entre cada operación. Aparte de las impurezas de los baños galvánicos, los residuos de anteriores tratamientos producen manchas y recubrimientos irregulares. Los restos de álcalis con jabón o grasa y aceites emulsionados, no solamente reducen el ácido del baño y lo desgastan prematuramente, sino que por su deposición sobre las piezas vuelven a engrasar la superficie.

El lavado se realiza por inmersión o por rociado. Si después de sacar las piezas de cada etapa se dejan gotear durante algunos segundos antes de introducirlos al siguiente paso, en el lavado no solo se consigue que éste se ensucie menos, sino que acelere y disminuya, por tanto, el tiempo de la operación. Hay que observar que las soluciones calientes o concentradas no pueden dejarse gotear demasiado tiempo sin peligro de que se sequen, lo que posteriormente conduce a la formación de manchas. Este peligro puede evitarse rociando con agua las piezas si el tiempo de goteo ha de ser largo. El lavado por inmersión exige una gran cantidad de agua, ya que solo así ejerce su función; por tanto, es necesario proveer estos baños de una entrada continua de agua con rebose. El lavado se favorece con el movimiento del agua por agitación, inyección de aire, movimiento de las piezas, etc. El movimiento del baño debe arrojar la

suciedad de las piezas por el rebose.

En el lavado por rociado hay que tener menos las impurezas debidas a residuos de limpiezas anteriores, en el supuesto de que el tiempo de rociado sea bastante largo y este alcance uniformemente todas la superficie de las piezas. La disposición de las piezas y toberas de rociado, así como el ángulo en que se dirigen los chorros de agua son esenciales, particularmente si en las superficies a lavar existen cavidades o relieves en general. Mucho éxito a obtenido la combinación de inmersión y rociado para el lavado, donde las piezas, al ser sacadas del baño de inmersión, son rociadas con agua pura.

Neutralizado.- Como los últimos residuos de ácidos son difíciles de eliminar solamente con agua, aumentando el peligro de oxidación considerablemente, se añade al agua algún álcali, para el lavado despues del decapado y para la neutralización de los restos de ácido. Los baños de neutralizado más usados contienen. 3 partes de sosa y 1 de bórax; cantidades con las que el contenido alcalino activo, valorable con fenoftaleina y ácido corresponden al 0.25-1.3% (temp. 65°C). En algunos casos se sugiere despues de neutralizar con sosa y bórax, sumergir las piezas a otro baño de bórax con 0.08% de álcali activo a 75% o bien un baño de cianuro sódico al 0.15% a 50°C.

## CAPITULO IV

### DIFERENTES FORMULACIONES DE BAÑOS DE NIQUEL, COBRE Y CROMO DE MAYOR INTERES COMERCIAL.

#### NIQUEL:

En la práctica se distinguen tres tipos de baño para niquelado.

1° Baño frío, actuando a la temperatura ordinaria, con débiles densidades de corriente: de 0.2 a 1 A/dm<sup>2</sup>.

2° Baños calientes sin agitación, actuando con densidades de corriente de 2 a 5 A/dm<sup>2</sup>.

3° Baños calientes con agitación actuando con densidades de corriente que van de 5 a 12 A/dm<sup>2</sup>.

Podemos advertir que los baños calientes permiten obtener rápidamente recubrimientos de níquel suficientemente espesos para proteger eficazmente al acero, a las aleaciones de cobre, etc. En baño frío por ejemplo, con una densidad de corriente de 0.5 A/dm<sup>2</sup>, se necesitan dos horas para efectuar una aplicación electrolítica de 1/1000 mm de espesor mientras que en baño caliente, administrando 3 A/dm<sup>2</sup> son necesarios 20 min.

Las siguientes fórmulas representan los tipos principales y de mayor interes comercial que se usan en depósitos de níquel. Las concentraciones exactas y las condiciones de operación pueden requerir modificaciones para aplicaciones específicas, pero los valores que se dan pueden servir como guía.

## Baños fríos.

Los baños fríos se ven cada vez más desplazados por los baños calientes que representan la tendencia moderna. En la constitución de estos baños, entran usualmente, además del sulfato de níquel, el sulfato de amonio, cloruros, ácido bórico y a veces sulfato de magnesio.

A continuación damos algunas formulas de estos baños.

### Baños fríos.

#### Baños quietos:

Sulfato de níquel	100 gr/lit
Sulfato doble de níquel y amonio	50 gr/lit
Cloruro sódico	10 gr/lit
Acido bórico	15 gr/lit
Densidad de corriente	0.5 A/dm <sup>2</sup>
	espesor frágil
Temperatura	15-20°C

Sulfato de níquel	100-150 gr/lit
Cloruro sódico	10 gr/lit
Sulfato sódico	50 gr/lit
Acido bórico	15 gr/lit
Densidades de corriente	0.5 A/dm <sup>2</sup>
Temperatura	15-20°C

#### Baño tipo depósito duro:

Sulfato de níquel	180 gr/lit
Cloruro de amonio	25 gr/lit
Acido bórico	30 gr/lit

pH	5.6 - 5.8
Densidad de corriente	2.5 - 5 A/dm <sup>2</sup>
Temperatura	40-60°C

Sulfato de níquel	120 gr/lit
Acido bórico	15 gr/lit
Cloruro amónico	15 gr/lit
pH	5 - 5.5
Densidad de corriente	0.5 - 2 A/dm <sup>2</sup>
Temperatura	15-20°C

Baños en bombo:

Sulfato de níquel	150 gr/lit
Acido bórico	30 gr/lit
Cloruro amónico	30 gr/lit
pH	5 - 5.5
Densidad de corriente	0.5-1.5 A/dm <sup>2</sup>
Temperatura	15°C
Voltaje	6-8 volts.

Sulfato de níquel	180 gr/lit
Acido bórico	45-52 gr/lit
Cloruro amónico	30 gr/lit
Sulfato de magnesio	180-240 gr/lit
pH	5.2 - 5.6
Densidad de corriente	0.5 - 1 A/dm <sup>2</sup>
Temperatura	20-25°C
Voltaje	6-8 volts.

### Baños calientes sin agitación

La composición de estos baños varía dentro de ciertos límites:

#### Baños quietos:

##### Baño tipo francés:

Sulfato de níquel	200 a 300 gr/lit.
Cloruro de níquel	20 a 30 gr/lit
Acido bórico	10 a 20 gr/lit
pH	5.2-5.7
Densidad de corriente	2 A/dm <sup>2</sup> para 200 a 250 Sulf. de níquel.
Densidad de corriente	5 A/dm <sup>2</sup> para 250 a 300 Sulf. de níquel.
Temperatura	40°C

##### Baño tipo mate:

Sulfato de níquel	300 gr/lit
Cloruro de níquel	45 gr/lit
Acido bórico	30-40 gr/lit
pH	4 - 4.8
Densidad de corriente	1 - 6 A/dm <sup>2</sup>
Temperatura	55°C

##### Baño tipo brillante:

Sulfato de níquel	270-450 gr/lit
Cloruro de níquel	38-90 gr/lit
Acido bórico	30/50 gr/lit
pH	3 - 4.5
Densidad de corriente	1 - 10 A/dm <sup>2</sup>
Temperatura	45-70°C

Baños en bombo:

Sulfato de níquel	240-300 gr/lit
Cloruro de níquel	60-75 gr/lit
Acido bórico	38-42 gr/lit
Cloruro amónico	180-240 gr/lit
pH	4 - 5.6
Densidad de corriente	3-5 A/dm <sup>2</sup>
Temperatura	50-55°C
Tensión en los bornes de llegada al bombo (voltaje)	12-15 volts

Baño tipo al sulfato de níquel:

Sulfato de níquel	300-370 gr/lit
Cloruro de níquel	75-90 gr/lit
Acido bórico	38-45 gr/lit
pH	3.8 - 4.2
Densidad de corriente	2.5 -4.5 A/dm <sup>2</sup>
Temperatura	40-50°C
Voltaje	15-18 volts

Baño tipo al cloruro de níquel:

Sulfato de níquel	150-190 gr/lit
Cloruro de níquel	150-190 gr/lit
Acido bórico	38-45 gr/lit
pH	4.5 - 5
Densidad de corriente	2-4 A/dm <sup>2</sup>
Temperatura	50-55°C
Voltaje	12-14 volts

Baños calientes con agitación

Sulfato de níquel	300-450 gr/lit
Cloruro de níquel	20-45 gr/lit
Acido bórico	20 a 40 gr/lit

pH	4.8 - 5.7
Densidad de corriente	5 y 12 A/dm <sup>2</sup>
Temperatura	48-65°C

Agitación con aire o desplazamiento

Sulfato de níquel	400-450 gr/lt
Cloruro de níquel	20-45 gr/lt
Acido bórico	20-40 gr/lt
pH	5
Densidad de corriente	10-12 A/dm <sup>2</sup>
Temperatura	60°C

Otro baño que interesa recordar es el de cloruro, baño en el que el sulfato de níquel queda sustituido por cloruro de níquel.

Cloruro de níquel	300 gr/lt
Acido bórico	30 gr/lt
pH	2
Densidad de corriente	2.5-10 A/dm <sup>2</sup>
Temperatura	50-60°C

Cloruro de níquel	185 gr/lt
Acido bórico	19 gr/lt
pH	1 - 5
Densidad de corriente	2.5-10 A/dm <sup>2</sup>
Temperatura	50-70°C

El baño de cloruro aporta una economía de energía, ya que permite trabajar con un pH más bajo, siendo nula la tendencia al picado. Proporciona recubrimientos de grano fino y más duros que los obtenidos con los baños a base de sulfatos.



## COBRE:

El cobre puede depositarse a partir de baños ácidos a base de sulfato o de soluciones alcalinas a base de cianuro. Conviene advertir que los baños ácidos de sulfato no son directamente utilizables para la aplicación de cobre sobre hierro u otros metales situados por encima del cobre, en la serie de fuerzas electromotrices, puesto que se obtienen recubrimientos esponjosos y sin adherencia. Se emplean, pues, muy ampliamente baños al cianuro, que permiten obtener buenas aplicaciones sobre el acero, hierro fundido, etc. Estos recubrimientos pueden, ser reforzados por electrólisis en los baños al sulfato, cuyo rendimiento es mejor.

A continuación se mencionaran las formulaciones de mayor interés comercial de cobre.

### Baños alcalinos al cianuro

Cianuro cuproso	22.5 gr/lit
Cianuro sódico	34 gr/lit
Carbonato sódico	15 gr/lit
pH	11.5 y 12.5
Densidad de corriente	0.5 A/dm <sup>2</sup>
Temperatura	menor 40°C
Anodo	acero o cobre
Rendimiento menor a	70%

Cianuro cuproso	53 gr/lit
Cianuro potásico	98 gr/lit
Potasa caústica	42 gr/lit
pH	menor a 13
Densidad de corriente	3-6 A/dm <sup>2</sup>

Temperatura	85°C
Rendimiento	100%

Baños tipo Sal de Seignette o Rochelle  
(Tartrato doble de potasio y sodio)

Espesores delgados:

Cianuro de cobre	26.2 gr/lit
Cianuro sódico	34.5 gr/lit
Carbonato sódico	30 gr/lit
Sal de Seignette	45 gr/lit
pH	12 -12.6
Densidad de corriente	2-4 A/dm <sup>2</sup>
Temperatura	55-70°C
Anodo	cobre

Baños tipo cianuro sódico

Espesores gruesos:

Cianuro de cobre	120 gr/lit
Cianuro sódico	135 gr/lit
Carbonato sódico	30 gr/lit
Hidróxido sódico	60 gr/lit
pH	menor a 13
Densidad de corriente	3-6 A/dm <sup>2</sup>
Temperatura	75-82°C
Anodo	cobre

Baño tipo cianuro potásico

Espesores gruesos:

Cianuro de cobre	60 gr/lit
Cianuro potásico	94 gr/lit
Carbonato potásico	30 gr/lit
Hidróxido potásico	42 gr/lit
pH	menor a 13

Densidad de corriente	3-8 A/dm <sup>2</sup>
Temperatura	75-82°C
Anodo	cobre

#### Baños al bombo

##### Tipo normal:

Cianuro de cobre	45 gr/lit
Cianuro sódico	68 gr/lit
Cianuro potásico	90 gr/lit
Hidróxido potásico	8-15 gr/lit
Sal de Rochelle	45-70 gr/lit
pH	aprox. 13
Densidad de corriente	2-5 A/dm <sup>2</sup>
Temperatura	55-60°C
Anodo	cobre

##### Tipo rápido:

Cianuro de cobre	105 gr/lit
Cianuro sódico	158 gr/lit
Cianuro potásico	210 gr/lit
Hidróxido potásico	12-25 gr/lit
Sal de Rochelle	60-100 gr/lit
pH	aprox. 13
Densidad de corriente	2-5 A/dm <sup>2</sup>
Temperatura	55-60°C
Anodo	cobre

Un exceso de corriente en los baños al cianuro provoca recubrimientos oscuros y rugosos. Cuando a la solución le falta cianuro se obtiene un recubrimiento marcado de vetas oscuras, pero el exceso de cianuro o falta de cobre conduce a aplicaciones lentas e incluso polvorientas.

### Baños ácidos:

Los baños de sulfato de cobre son muy estables y su rendimiento es prácticamente del 100%

#### Baño tipo cobre duro:

Sulfato de cobre	210 gr/lit
Acido sulfúrico	50 gr/lit
Densidad de corriente	2-10 A/dm <sup>2</sup>
Temperatura	20-50°C
Anodo	cobre

#### Baño tipo cobre blando:

Sulfato de cobre	200 gr/lit
Acido sulfúrico	50 gr/lit
Densidad de corriente	1-4 A/dm <sup>2</sup>
Temperatura	20-50°C
Anodo	cobre

#### Baño tipo cobre blando con agitación:

Sulfato de cobre	200 gr/lit
Acido sulfúrico	50 gr/lit
Densidad de corriente	10 A/dm <sup>2</sup>
Temperatura	45-50°C
Anodo	cobre

#### Baño tipo cobre duro:

Sulfato de cobre	240 gr/lit
Acido sulfúrico	60-75 gr/lit
Densidad de corriente	2-20 A/dm <sup>2</sup>
Temperatura	15-20°C
Anodo	cobre puro

#### Baño tipo semibrillante:

Sulfato de cobre	250 gr/lt
Acido sulfúrico	12 gr/lt
Tiourea	0.0008 gr/lt
Densidad de corriente	2-10 A/dm <sup>2</sup>
Temperatura	15-50°C
Anodo	cobre

#### Baño tipo brillante:

Sulfato de cobre	210 gr/lt
Acido sulfúrico	60 gr/lt
Tiourea	0.01 gr/lt
Dextrina	0.01 gr/lt
Acido clorhídrico	0.015 gr/lt
Densidad de corriente	2-10 A/dm <sup>2</sup>
Temperatura	15-50°C
Anodo	cobre

Una densidad de corriente muy elevada provoca recubrimientos deslucidos, estriados de negro o incluso granulados, pero esto puede tambien ser provocado por una proporción insuficiente de ácido sulfúrico si la densidad de corriente es normal.

#### Baños de fluoborato:

Este baño permite lograr rápidamente espesas capas de cobre. Permite trabajar densidades de corriente superiores a las admitidas en el baño de sulfato.

Fluoborato	225 a 450 gr/lt
Acido fluobórico	2 gr/lt
pH	0.5 a 1.2

Densidad de corriente	30 A/dm <sup>2</sup> (agitado)
	15 A/dm <sup>2</sup> (no agitado)
Temperatura	25-75°C

El baño al fluoborato no puede ser utilizado para el cobreado directo del acero y zinc.

#### CROMO:

Es posible depositar electrolíticamente cromo a partir de sus sales, como cloruros o sulfatos, pero estos baños no tienen uso comercial.

Cuando una sal crómica se electroliza, se produce cierta reducción en la sal de cromo. Esta sal cromosa es reoxidada rápidamente por el aire. En los esfuerzos que se han hecho para operar con una mezcla de sales de cromo es muy difícil mantener su relación constante debido a la oxidación por el aire y por los ánodos insoluble. Es difícil obtener ánodos de cromo en un baño de sal crómica. Si el ánodo permanece pasivo, los compuestos del cromo se oxidan en sal crómica o ácido crómico. Si el cromo se disuelve con una eficiencia anódica demasiado alta, el pH se incrementa y origina la precipitación de compuestos básicos del cromo.

Los baños de sales de cromo son sensibles a cambios en el pH y a la presencia de impurezas que pueden cambiar el sobrevoltaje del hidrógeno y, por lo tanto, bajar la eficiencia catódica.

La experiencia ha demostrado, que pueden obtenerse mejores resultados con soluciones de ácido crómico, que

viene a ser el único compuesto de cromo empleado.

Al realizar el cromado se busca, el brillo del cromo. Como la capa es extremadamente delgada, la velocidad de obtención del recubrimiento no cuenta mucho.

Formulaciones más importantes para el cromo:

Baño tipo decorativo al sulfato:

Acido crómico	250 gr/lit
Acido sulfúrico	2.5 gr/lit
Densidad de corriente	10-15 A/dm <sup>2</sup>
Temperatura	32-50°C

Baño tipo duro al sulfato:

Acido crómico	400 gr/lit
Acido sulfúrico	4 gr/lit
Densidad de corriente	20-55 A/dm <sup>2</sup>
Temperatura	50-55°C

Baños en bombo:

Acido crómico	350-380 gr/lit
Acido sulfúrico	15.5 gr/lit
Densidad de corriente	250-400 A/dm <sup>2</sup>
Temperatura	32-36°C

## CAPITULO V

### FACTORES QUE INFLUYEN EN LOS PROCESOS DE NIQUELADO, COBRIZADO Y CROMADO.

La naturaleza de los depósitos galvánicos depende de la estructura física del metal empleado. Esta estructura cristalina determina, a través de las diferencias de dimensiones, forma y de agregación de los cristales, la apariencia y las propiedades físicas del estrato depositado.

Dichas características pueden modificarse con el control de determinados factores.

Los comentarios que van a darse en este capítulo no constituyen sino datos prácticos necesarios para la buena marcha y el control de los baños electrolíticos.

#### Densidad de corriente.-

Como es sabido, la densidad de corriente se mide en  $A/dm^2$ . Se pone de manifiesto el valor medio con solo una lectura del amperímetro colocado en serie con el baño si se conoce la superficie del cátodo. Es un factor fundamental para el desarrollo del baño. Densidades excesivas producen depósitos "quemados" o mates. De hecho hay un empobrecimiento de iones en el cátodo porque se descargan más iones de los que llegan.

En general, un exceso de burbujas de hidrógeno en el cátodo indica una densidad de corriente demasiado elevada (con excepción de los baños de bajo rendimiento, como los de cromado).

El orden de magnitud de las densidades de corriente



empleadas varían desde 0.2 a 10 A/dm<sup>2</sup>, según el tipo de baño y condiciones.

Normalmente, aumentando la densidad de corriente disminuyen las dimensiones de los cristales depositados, acentuándose la tendencia a formar "arborescencias" o "ramificaciones".

Es posible, en general aumentar la densidad de corriente si se aumenta la temperatura del baño o se recurre a una renovación de iones activada por una circulación forzada del electrolito (agitación del baño).

Puede atenuarse el empobrecimiento de iones en el cátodo aumentando la concentración de los iones del metal a depositar. También en este caso resulta más eficaz la rápida difusión causada por la agitación del baño. Otro efecto de la agitación es la de eliminar de la superficie catódica las burbujas gaseosas. Pero no siempre es posible o conveniente agitar el baño porque:

- 1) El sedimento está en suspensión y se puede producir depósitos manchados o irregulares (rugosidad).
- 2) En los baños de cianuro se favorece la formación de carbonatos.
- 3) En algunos baños es difícil controlar la formación de cristales muy finos.

No debe olvidarse que la densidad de corriente admisible varía con las condiciones de marcha del baño. P. ej., en un baño de níquelado frío (a temperatura

ambiente) no es posible pasar de  $1 \text{ A/dm}^2$ , mientras que en un baño caliente se puede alcanzar una densidad de corriente varias veces mayor.

#### Concentración. -

De un modo general, el aumento de la concentración de las sales de solución, que constituyen un electrolito, permite elevar la densidad de la corriente, especialmente si éste aumento se combina con una elevación de la temperatura y con la agitación: en una solución de sulfato de cobre diluido no se puede pasar de la densidad de  $1 \text{ A/dm}^2$ , mientras que en una solución concentrada con agitación del baño se puede alcanzar de 20 a  $25 \text{ A/dm}^2$ .

Por otra parte el aumento, hasta cierto límite, de la concentración incrementa la conductibilidad de los baños.

Concentración de los iones metálicos. - Bajas concentraciones catódicas originan depósitos de grano más fino, es decir, dan una superficie más fina y brillante.

Los medios para reducir la concentración de cationes son:

1) Empleo de la solución diluida. Este presenta el ya citado inconveniente del empobrecimiento de iones en el cátodo con graves consecuencias para el aspecto final

del depósito.

2) El uso de sales complejas. De éste tipo son los iones comprendidos en el grupo CN cianuros, que facilitan los iones metálicos necesarios cuando el electrolito se empobrece en los alrededores del cátodo.

3) Usar un ión en común.

Se obtienen así las mejores condiciones para un depósito fino: baja concentración de iones metálicos y ausencia del fenómeno de empobrecimiento.

En general, concentraciones elevadas de iones metálicos conducen a elevar la densidad del baño.

Concentración de iones hidrógeno.- En general el pH, es decir, la concentración de hidrógeno, influye en la finura del depósito. p.ej., los baños de níquelado requieren un pH bajo (acidez elevada).

Dada la importancia de la acidez o basicidad en todas las ramas de la química, en general y en nuestro caso en particular, en los referente al comportamiento electroquímico de los baños galvánicos. En la siguiente tabla se recogen los valores extremos:

	Concen. $H^+$	pH
Sol. normal de ac. fuerte	1	0 acidez max.
Neutralidad (agua purísima)	$10^{-7}$	7 neutralidad
Sol normal de base fuerte	$10^{-14}$	14 alcalinidad max.

Para cada baño se requiere determinar y mantener el pH óptimo a fin de obtener los mejores resultados.

El pH es de gran importancia para todos los baños, pero de un modo especial en los baños ácidos. P.ej., se emplea  $\text{pH}=2.8$  para baños ácidos de cobre y  $\text{pH}=6$  para baños ácidos de níquel.

En la práctica la medida del pH se efectúa con los métodos siguientes:

1) Colorímetro.- Indicadores que cambian de color en función del pH.

2) Potenciométrico.- Se mide la f.e.m. que aparece entre la solución a investigar y un electrodo de referencia y la medida se obtiene el pH.

El mantenimiento de un cierto pH se consigue mediante sustancias tampón o reguladoras que introducen iones ácidos débiles que neutralizan los iones alcalinos ( $\text{OH}^-$ ) que eventualmente puedan formarse.

#### Aditivos.-

Es el nombre genérico de los compuestos orgánicos o inorgánicos que producen efectos notables en la naturaleza del metal depositado.

Casi todos los aditivos son sustancias coloidales o reductoras. Se puede decir que para obtener los mejores resultados, cada nuevo baño galvánico se beneficia de la acción de pequeñas cantidades de estas sustancias.

La acción más común de los aditivos es la de facilitar la deposición de finísimos cristales exentos de ramificaciones o puntos brillantes (agentes

abrillantadores).

Entre los coloides (que se absorben en el cátodo)

- gelatina de huesos
- lignina sulfonada
- sulfonatos alqui-arílicos

Entre los reductores

- glucósidos
- fenoles

Temperatura. -

En general se aumentan las dimensiones de los cristales depositados con el aumento de la temperatura del baño. Se acostumbra calentar el baño para:

1) Aumentar la solubilidad de las sales; por lo que pudiendo aumentar la concentración, son admisibles mayores densidades de corriente.

2) Se disminuye la resistividad del electrolito, y esto permite mayores rendimientos en energía. Además, es menos pronunciada la tendencia de ciertos metales a "ramificarse", esto es, a formar arborescencias cristalinas. Tales baños reducen considerablemente las dimensiones de los cristales de la capa depositada, debido al aumento de la temperatura.

3) Disminuye la cantidad de hidrógeno ocluido. Esta reducción permite que los depósitos sean más regulares, sin grietas ni escamas en el caso del hierro y del níquel p. ej.

Ciertos baños de níquelado, concentrados en sulfato, actúan a temperatura del orden de 50°C.

De modo general la temperatura de un baño tiene gran importancia y para los baños actuando en frío no deben descender de los 15°C.

#### Agitación. -

La agitación impide el empobrecimiento en iones metálicos de la zona catódica. También impiden, en mayor o menor medida, la adherencia de burbujas gaseosas sobre el cátodo, provocando "picaduras" en su superficie. La agitación pone sin embargo en suspensión las impurezas del baño, los cuales hacen que el recubrimiento resulte rugoso o incluso también picado. Se haya, pues, la necesidad de filtrar las soluciones agitadas.

#### Estructura del metal base. -

Tiene gran importancia la naturaleza de la superficie sobre la que va a tener lugar la electrodeposición. En general, puede decirse que, aparte de consideraciones sobre la limpieza, el depósito tiene tendencia a reproducir la estructura cristalina del metal que le sirve de base.

La adherencia está, pues, estrictamente relacionada con las condiciones superficiales del cátodo. De aquí se deriva la enorme importancia de los tratamientos preeliminarios.

### Poder de penetración. -

Se llama poder de penetración a la facultad que posee un electrolito para repartir con regularidad la capa metálica depositada sobre un objeto de forma compleja, sobre las partes convexas (en relieve) de ese objeto y sus aristas, las cuales reciben siempre más densidad de corriente que las partes cóncavas.

El poder de penetración depende de:

1) Polarización del cátodo (salto de potencial sobre el cátodo) que varía (aumenta) con la densidad de corriente, y según la naturaleza de los aditivos. Esta polarización contribuye a la uniformidad del depósito, pero si es excesiva se produce un gasto excesivo de energía eléctrica y de tiempo, disminuyendo el rendimiento. Además los depósitos obtenidos son de baja calidad en estructura y su aspecto es pulverulento (quemados).

2) Conductibilidad del baño.

3) Temperatura: Aumentándola disminuye el poder de penetración.

También influyen sobre este poder de penetración, las condiciones de pH, de agitación y, de una manera muy notable, algunos agentes aditivos.

Para tratar de entender un poco mejor este fenómeno, veremos un ejemplo sencillos.

Consideremos una pieza de forma irregular introducida en un baño galvánico. La parte saliente de

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

la superficie está más cerca del ánodo que el resto de la pieza, por lo tanto, el camino que ha de recorrer la corriente es más corto para ésta parte que para el resto de la pieza, esto quiere decir que la resistencia es menor a lo largo de este camino, pasando por ello una mayor cantidad de electricidad. (Fig. S.1.a.). Por otra parte la corriente tiene una tendencia natural a concentrarse en los bordes y aristas, ya que en estos puntos puede proceder de varias direcciones, por lo que el metal se distribuirá de una forma irregular. (Fig. S.1.b.).

Así pues, según la Ley de Ohm, las cantidades de metal depositadas en las superficies A y C por unidad de superficie, serán inversamente proporcionales a las distancias al ánodo y sobre la superficie B se depositará una cantidad ínfima de metal o no habrá depósito alguno.

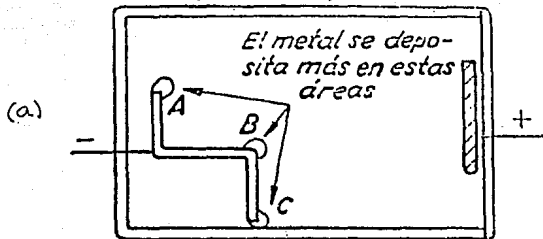
Esta distribución de la corriente se denomina distribución primaria.

Esta distribución primaria de corriente para formas sencillas de electrodos, es decir planos paralelos cilindros, esferas, etc., se calcula simplemente por la ley de Ohm y por unidad de superficie, la distribución primaria de corriente está dada por:

distribución primaria	distancia del cátodo más aleja-
de corriente por uni-	da del ánodo.
dad de superficie.	<hr/>
	distancia del cátodo más próxi-
	ma al ánodo.

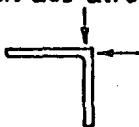


Vista superior

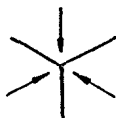


La corriente llega en dos direcciones

(b)



En las puntas la corriente llega en todas las direcciones



La corriente llega a las esquinas en tres direcciones

COMPORTAMIENTO DE LA CORRIENTE EN DIFERENTES PUNTOS DE UNA PIEZA DE FORMA IRREGULAR.

TESIS PROFESIONAL  
INGENIERO QUIMICO  
CARLOS OROZCO H.  
FEEC UNAM

## CAPITULO VI

### EQUIPO Y ACCESORIOS EMPLEADOS EN ESTOS PROCESOS.

Toda instalación galvanotécnica debe ser proyectada para facilitar la fluidez de la producción y reducir al mínimo el movimiento innecesario del personal y de los materiales. Una ordenación de los procesos facilita las operaciones sucesivas del pulido, desengrase previo, colocación de bastidores, cestos en otros depósitos apropiados, recubrimiento electrolítico, desencestado e inspección. También debe proveer la manera de compensar el trabajo averiado o desenganchado como defectuoso. Es conveniente para mayor comodidad que el laboratorio esté cerca de la instalación. Otra cuestión que a menudo tiende a descuidarse es la importancia de disponer de medios adecuados para la conservación y reparación de los bastidores utilizados para sumergir los objetos en los baños, incluyendo su equipo de aislamiento.

La ventilación de las salas de trabajo constituye un aspecto esencial de la instalación, y ha de ser factible la introducción en las mismas del aire necesario para compensar el eliminado por el sistema de extractores.

Los requisitos o exigencias de las instalaciones de galvanostegia son muy especiales en cuanto a la elección de materiales, a causa de la naturaleza corrosiva de las soluciones que se utilizan y de las condiciones generales del servicio a que está sujeta la instalación.

En este capítulo se mencionan los equipos más comunes, empleados en los procesos de niquelado, cobrizado y cromado, sobretodo de las etapas de

pretratamiento de las superficies como el bruñido, esmerilado, pulido, desengrase y decapado, así como las etapas de electrodepositado, enjuague y secado.

#### Brúñido y esmerilado. -

Por cepillo. - Fig. 6.0. Para llevarlo a cabo se emplean cepilladoras giratorias (o pulidoras) que llevan cepillos de púas de acero (latón o bronce) que trabajan a una velocidad periférica de 5-20 m/seg. Con diámetros usados de 100-300 mm correspondiendo a un número de revoluciones por minuto de 1,500- 3,000. Fig. 6.1.

Se aumenta la duración de los cepillos invirtiendo con frecuencia el sentido de rotación de los mismos. Para pequeñas piezas se usan también muelas de paño con pastas abrasivas.

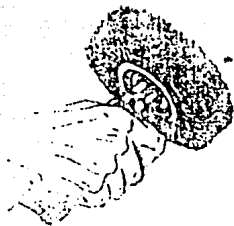
El tambor o bombo giratorio. - Elimina por frotación la capa superficial de las piezas. La velocidad de rotación es de 10 a 40 rev./min. El diámetro del tambor es de 50 a 100 cm. Fig. 6.2.

#### Pulido. -

Pulido con cepillos. - Fig. 6.3. Discos de púas periféricas, velocidad periférica de 20-50 m/seg. y 3000 rev/min., con diámetros de 10 cm.

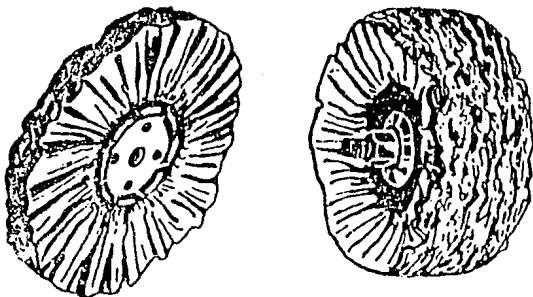
Pulimento o abrillantado. - Discos de paño Fig. 6.4. Pulidora. - Fig. 6.1. Puede accionar muelas o cepillos giratorios. Un aspirador unido a unos adecuados colectores, recoge el polvo.

Pulido electrolítico. - Se realiza en un recipiente



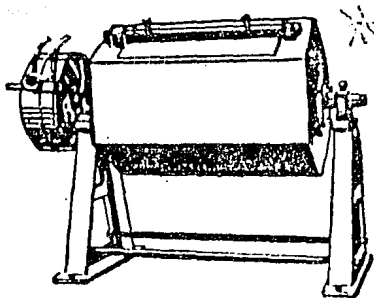
BRUNIDO Y ESMERILADO POR CEPILLO.

TESIS PROFESIONAL  
INGENIERO QUIMICO  
CARLOS OROZCO H.  
FESC UNAM



PULIDORA. PUEDE ACCIONAR MUELAS, CEPILLOS GIRATORIOS O DISCOS DE PAÑO. UN ASPIRADOR UNIDO A UNOS ADECUADOS COLECTORES, RECOGE TODO EL POLVO.

FIG. 8.2



TAMBOR O BOMBO GIRATORIO.

TESIS PROFESIONAL  
INGENIERO QUIMICO  
CARLOS OROZCO H.  
FESC UNAM

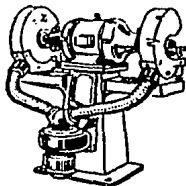
FIG. 6.3



CEPILLO GIRATORIO. LAS PUAS DE MATERIAL APROPIADO AL TRABAJO ESTAN MONTADAS SOBRE DISCOS DE MADERA O DE METAL.

FIG. 6.4

MUELAS O DISCOS DE PAÑO  
CESTAN FIJADOS POR MEDIO  
DE DISCOS METALICOS.



TESIS PROFESIONAL  
INGENIERO QUIMICO  
CARLOS OROZCO H.  
FESC. UNAM

revestido, según la composición del baño en la Fig. 6.5. se muestran los componentes de estos recipientes.

**Pulido a bombo.** - Se emplea para pulir piezas de reducidas dimensiones. Las piezas se colocan en un bombo o tambor que puede girar sobre su eje, generalmente horizontal y que contiene sustancias abrasivas adecuadas. El roce de los granúlos pule las piezas.

Por lo regular se usa un volumen de sustancias abrasivas igual a 2-3 veces el volumen de las piezas a pulir. El agua actúa de lubricante y vehiculo para el abrasivo. El bombo se carga hasta solo  $2/3$  a  $3/4$  partes de su capacidad. Se emplean velocidades entre 10 y 40 rev./min y el diámetro del bombo oscila entre 40 y 120 cm. Fig. 6.6.

**Desengrase.** -

**Desengrase alcalino.** - Pueden emplearse recipientes de acero sin revestimiento, pero, si se quiere evitar cualquier tipo de contaminación de hierro, entonces se recomienda revestirlos ya sea con caucho o fibra de vidrio y resina poliéster. Fig. 6.7. Para el calentamiento de las soluciones, ver equipos auxiliares para celdas electrolíticas.

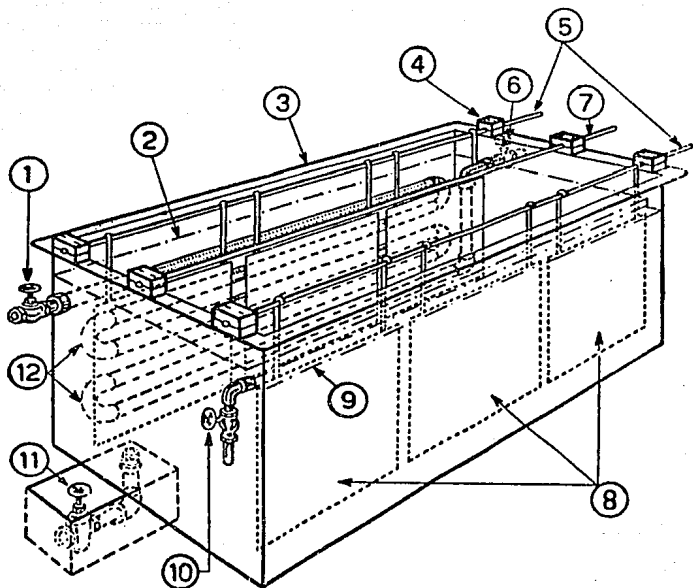
**Desengrase electrolítico.** - Puede ser catiónico o aniónico, empleando electrodos de acero o de cobre. El recipiente o tanque recomendado es del mismo tipo que se sugiere para el pulido electrolítico. Fig. 6.5.

**Decapado.** -

**Químico.** - Como las soluciones decapantes son de tipo



FIG. 8.5

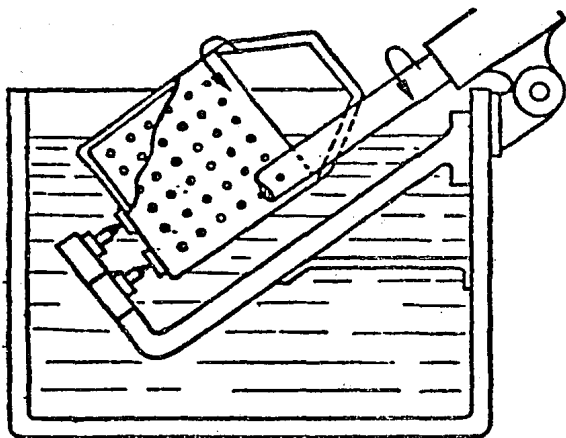


RECIPIENTE PARA DECAPADO ELECTROLITICO  
EN CALIENTE.

TESIS PROFESIONAL  
INGENIERO QUIMICO  
CARLOS OROZCO H.  
FESC UNAM

- 1.-ENTRADA DEL VAPOR PARA CALENTAR EL RECIPIENTE.
- 2.-NIVEL MAXIMO DEL BAÑO.
- 3.-RECIPIENTE.
- 4.-SOPORTES AISLANTES DE LAS BARRAS.
- 5.-BARRAS PORTA ELECTRODOS.
- 6.-SALIDA DEL VAPOR.
- 7.-BARRA PORTA PIEZAS.
- 8.-ELECTRODOS.
9. - 10. - 11. - CIRCUITO DE LAVADO.
- 12.-CIRCUITO CALENTADOR ( SERPENTIN DE VAPOR ).

**TESIS PROFESIONAL  
INGENIERO QUIMICO  
CARLOS OROZCO H.  
FESC UNAM**



TAMBOR SUMERGIDO ( PERMITE LA PULIMENTACION EN EL BAÑO Y EL LAVADO POSTERIOR ).

ácido los recipientes que por lo regular se recomiendan son de acero revestidos de fibra de vidrio y resina poliéster. Fig.6.7.

**Electrolítico.**- El decapado electrolítico también puede ser aniónico o catiónico, empleando electrodos de plomo-antimonio o de grafito. El recipiente recomendado es del tipo sugerido para el pulido y desengrase electrolítico.

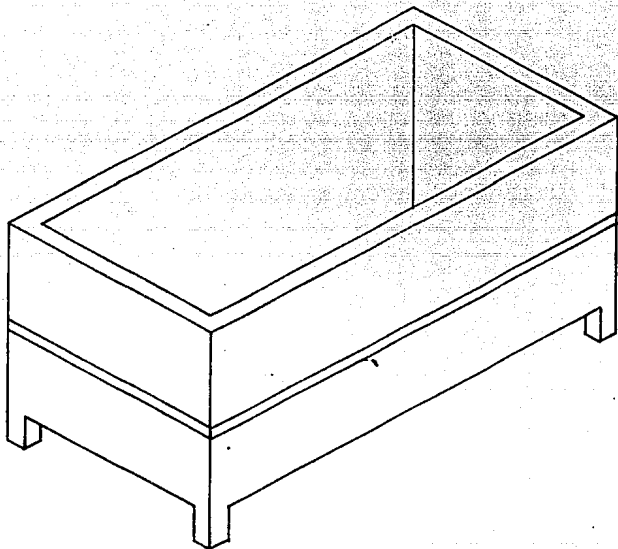
**Electrodeposición.**-

**Cubas electrolíticas para el electrodeposición.**- Son recipientes que se usan para preparar, contener y usar soluciones galvanizadoras. Primeramente se considera el material del que van a ser construidos los tanques o cubas, en que en cualquier caso es determinado principalmente por: (1) resistente al ataque de las soluciones involucradas; (2) fuerza mecánica para las cargas (es decir sin fugas o contaminación de la solución); (3) costo.

Los materiales usados para la construcción de las cubas o tanques electrolíticos, deben ser químicamente resistentes al líquido que vaya a contener, a menos que se use un revestimiento, en cuyo caso éste debe llenar este requisito.

**Madera.**- Antiguamente su uso fue muy extenso, pero actualmente es muy limitado, pues ha sido desplazado por otros materiales como el acero, fibra de vidrio, etc. La madera no debe contener taninos y debe montarse con varillas, tirantes y pernos resistentes. Los tanques de madera son revestidos con materiales comunes, tales

FIG. 6.7



TANQUE DE LAMINA DE FIERRO, CALIBRE 16, FORRADO DE RESINA POLIESTER Y FIBRA DE VIDRIO.

TESIS PROFESIONAL  
INGENIERO QUIMICO  
CARLOS OROSCO H.  
FECC UNAM

como plomo, resina poliéster, hule o asfalto. Fig. 6.8.

Acero.- El acero es el material de uso más común para la construcción de los tanques, debido a su bajo costo, gran resistencia y facilidad de fabricación. Es apropiado para todos los baños galvánicos alcalinos o ácidos, aplicándoles un revestimiento apropiado, para prevenir la contaminación por el hierro. Los revestimientos más recomendados para este tipo de tanques son el caucho, fibra de vidrio con resina poliéster y plomo. Fig. 6.7.

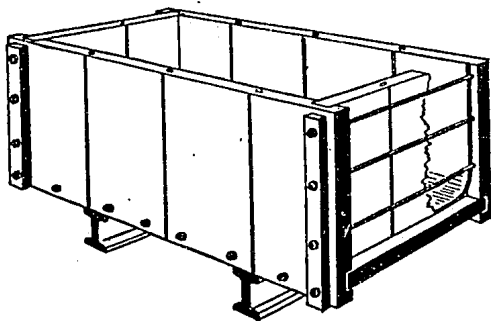
Fibra de vidrio.- Son tanques de fibra de vidrio aglutinada con resina poliéster, son hechos de hojas prensadas con lados rectos, esquinas cuadradas y con juntas pegadas con resina poliéster, además llevan refuerzos de acero, son muy ligeros, pero hay que tener cuidado de no dejarlos caer. Estos tanques no son muy usados, pero lo que sí es importante es el revestimiento de fibra de vidrio y resina poliéster.

Concreto.- El empleo de tanques de concreto reforzados con acero, ofrece la ventaja de su bajo costo y están revestidos comúnmente con fibra de vidrio y resina poliéster o plomo. Fig. 6.9.

Si el electrodepositado es en bomo entonces se utilizaran diversos tipos p.ej.:

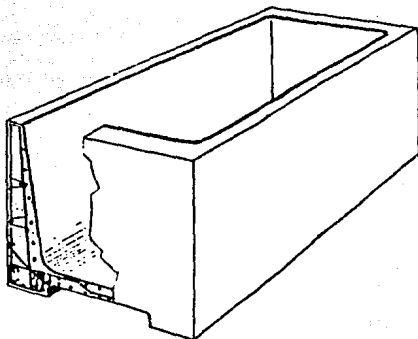
Bombo tipo campana.- Fig. 6.10. La figura muestra una moderna realización para baños galvánicos de forma de campana. Permite una fácil maniobra de vaciado, el motor eléctrico se encuentra dentro de la base. La capacidad de estos bombos varia de 5-50 litro por bomo, y se usa

FIG. 8.8



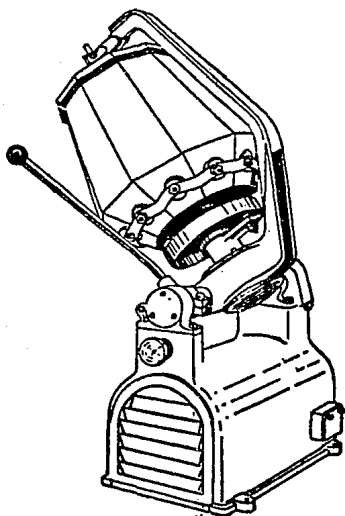
RECIPIENTE DE MADERA : GENERALMENTE CON REVESTIMIENTO INTERNO.

TESIS PROFESIONAL  
INGENIERO QUIMICO  
CARLOS OROZCO M.  
FEC UNAM



RECIPIENTE DE CEMENTO ARMADO, GENERALMENTE CON REVESTIMIENTO PROTECTOR INTERNO.





BOMBO PARA BAÑOS GALVANICOS ( EN FORMA DE CAMPANA ).  
PERMITE UNA FACIL MANIOBRA DE VACIADO.

YESIS PROFESIONAL  
INGENIERO QUIMICO  
CARLOS OROZCO H.  
FESC UNAM

para el tratamiento rápido de pequeñas piezas.

**Bombo horizontal.** - Otro tipo de bombo es el montado horizontalmente, tiene las paredes perforadas y funciona casi en su totalidad sumergido en un tanque que contiene la solución del baño, Fig. 6.11. y Fig. 6.12. Los tipos de tanques que se emplean para estos bombos pueden ser cualesquiera de los mencionados con anterioridad.

#### **Rectificadores.** -

Los rectificadores de corriente eléctrica son fuentes de poder que normalmente se utilizan para el suministro de la corriente eléctrica continua, en los procesos electrolíticos.

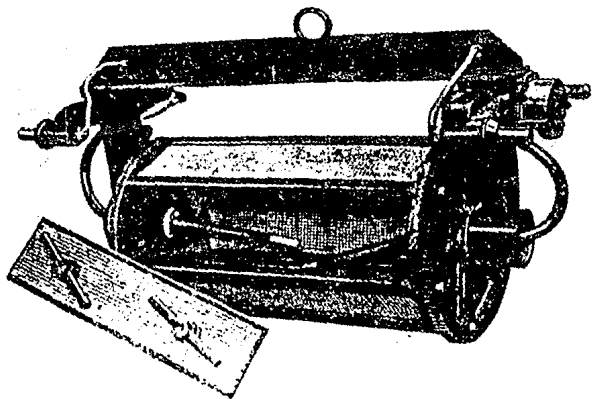
Un rectificador se compone normalmente de:

-Transformador principal, es el que modifica la corriente eléctrica alterna de alta tensión, a valores de baja tensión, p.ej: voltajes de alimentación, 440-220 volts, a voltajes de salida de 4, 8, 12 o 20 volts.

-Reóstato, el cual permite la obtención de una corriente alterna regulable, partiéndolo de 0 hasta un punto máximo. Esto se hace con el fin de fijar una tensión determinada dependiendo del tipo de baño.

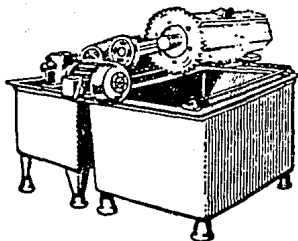
-Células rectificadoras.- Tienen la finalidad de transformar la corriente alterna regulada, en corriente continua. También llamados diodos, normalmente, son de selenio.

-Aparatos de medida,- Amperímetro y voltímetro, con



TAMBOR PARA TRATAMIENTO GALVANICO DE FORMA HORIZONTAL.

TESIS PROFESIONAL  
INGENIERO QUIMICO  
CARLOS OROZCO  
FESC  
UNA



EL TAMBOR HORIZONTAL INSTALADO EN EL TANQUE LISTO PARA  
SER SOMETIDO EN EL BAÑO GALVANICO.

amplia escala de lectura y de gran precisión.

-Aparatos de mando y protección.- Para mando se emplea un botón pulsador, que llega al transformador.

Para protección.- Se cuenta con un dispositivo que en caso de cortocircuito interrumpe el funcionamiento del rectificador; además un termostato para que cuando la temperatura aumenta llegando a un máximo permisible, interrumpe también el funcionamiento de éste.

-Platinos y cableado.- Todo el sistema eléctrico del rectificador, debe estar conectado por medio de hilos y cables aislados convenientemente, y en pletinas de cobre (o redondo).

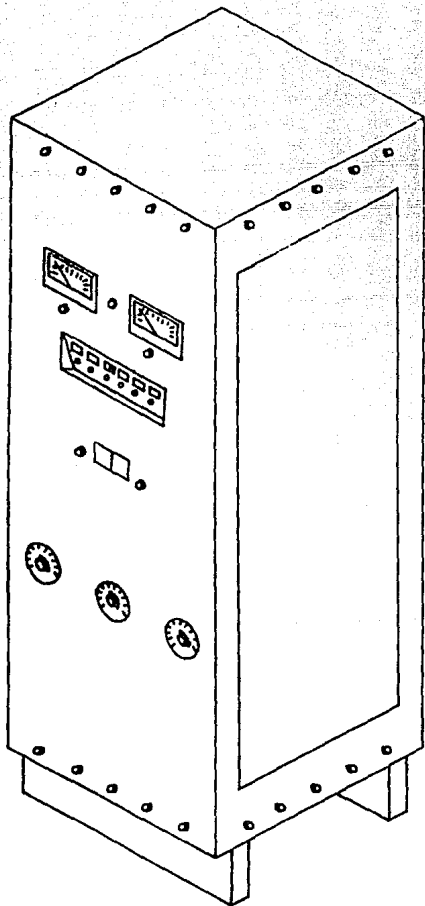
-Sistema de enfriamiento.- Puede ser por medio de: a) un electroventilador situado en la parte superior del rectificador provocando aire con circulación forzada, dando como resultado el enfriamiento de las rectificadoras; b) cuba de aceite en la cual se sumergen las placas rectificadoras enfriándolas de ésta manera.

Las especificaciones recomendadas de los rectificadores de corriente, para los baños de níquelado, cobreado y cromado son:

-Rectificadores de corriente	diodos de silicio,
entrada	220 volts.
salida	12 volts
dependiendo de la capacidad	
de las tinas	500,1000 o 2000 A.

(Fig. 6.13 y 6.14)

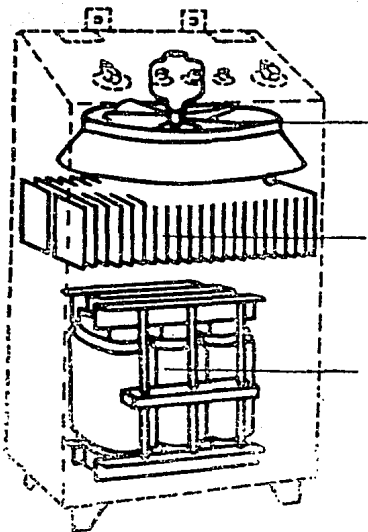
FIG. 8.13



RECTIFICADOR DE  
CORRIENTE  
CONTINUA PARA LA  
PROTECCION  
CATODICA.

TESIS PROFESIONAL  
INGENIERO QUIMICO  
CARLOS OROZCO H.  
FESC UNAM

FIG. 6.14



VISTA INTERIOR DE UN  
RECTIFICADOR DE  
CORRIENTE.

TESIS PROFESIONAL  
INGENIERO QUIMICO  
CARLOS OROZCO H.  
FESC UNAM

#### Enjuague. -

La etapa de enjuague se hace después de cada operación, tanto de pretratamiento de las superficies como del electrodeósito; es tan importante que aquí es donde se trata de eliminar cualquier residuo ya sea de desengrase, decapado o electrodeósito; ver con más detalle cap. II.

En realidad los tipos de tanques o recipientes empleados en esta etapa pueden ser del mismo que los empleados para las cubas electrolíticas, al igual que los diferentes materiales de revestido usados para su construcción

#### Secado. -

Para el secado de las piezas, convenientemente lavadas se emplea serrín bien seco y exento de taninos o resinas. Como recipiente puede emplearse un cajón de madera en el que se vierten las piezas, recubriéndolas de serrín. Para objetos pequeños se emplean tambores rotatorios. Fig. 6.15.

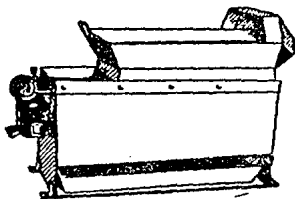
Secado por aire caliente. - El aire caliente hecho circular sobre la superficie de las piezas provoca la rápida evaporación del agua. Para piezas grandes se utiliza un armario donde circula el aire a 100-150°C y para piezas pequeñas se utiliza una centrifuga. Fig. 6.16.

#### Equipos auxiliares. -

Estos equipos son empleados para la agitación, filtración y calentamiento de los baños de las celdas electrolíticas y además en la ventilación de los vapores



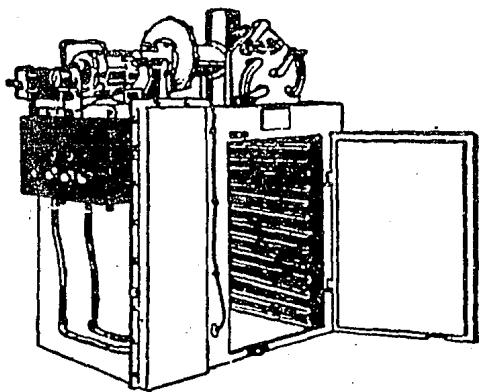
FIG. 6.15



SECADOR A SERRIN, DE MESA OSCILANTE.

TESIS PROFESIONAL  
INGENIERO QUIMICO  
CARLOS OROZCO H.  
FESC UNAM

FIG. 8.16



SECADOR DE AIRE CALIENTE.



Cesto

desprendidos, principalmente en las etapas de decapado y electrodeposición.

**Agitación.** - El aire se introduce a un sistema de tubos perforados que descargan en el fondo de la cuba, siendo fuente de suministro un compresor o un soplador. Los tubos deben ser de material apropiado, pudiendo ser de plomo-antimonio, ebonita y otros materiales plásticos según el baño. La agitación no debe utilizarse en soluciones de cianuro a causa del efecto de oxidación del aire.

**Filtración.** - En los baños siempre hay impurezas que provocan contratiempos, especialmente en los baños calientes y agitados, por lo que es necesario filtrarlos.

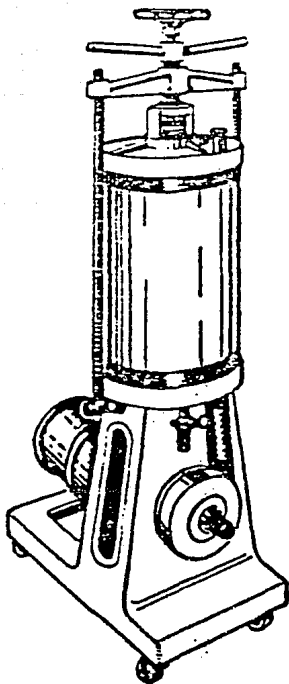
Para operar con mayor rapidez se emplean los filtros a presión. Como el filtro de columna. Fig. 6.17.

**Empleo:** pequeños y medios filtros para funcionamiento discontinuo. Un metro cuadrado de superficie filtra 2000 lt/hr. (se utilizan normalmente superficies de 0.03-0.1 m<sup>2</sup>). Consta de una columna de filtros de disco (en paralelo). La solución entra por la periferia y sale por el centro. La presión aproximada es de 0.5 Kg/cm<sup>2</sup>, obtenida por bomba centrífuga.

Los tipos de baño que generalmente deben ser filtrados son los de níquel brillante y de cobre.

**Calentamiento.** - El calentamiento de los baños se efectúa generalmente por medio de serpentines situados

FIG. 8.17



FILTROS DE COLUMNA.  
( VERTICALES ).

TESIS PROFESIONAL  
INGENIERO QUIMICO  
CARLOS OROZCO M.  
FESC UNAM

en el fondo de las cubas y atravesados por vapor. Para baños alcalinos se emplean tubos de acero y para baños ácidos, tubos de plomo. Fig. 6.18.

Se emplea también el calentamiento eléctrico por medio de calentadores de titanio sumergibles (400 watts de potencia), constituidos por una resistencia eléctrica con aislamiento de goma o plástico en las conexiones. Fig. 6.19.

En algunos casos la utilización de recipientes de hierro sin revestimiento permite el calentamiento por medio de quemadores de gas, actuando debajo del mismo.

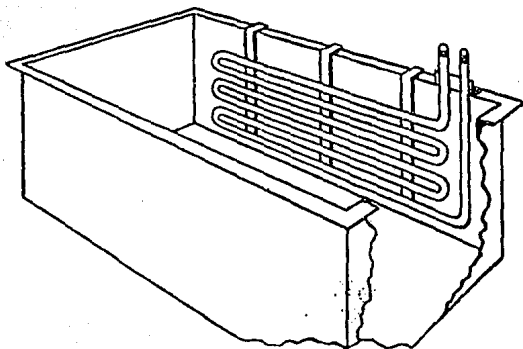
#### Ventilación. -

Es necesario aspirar los gases, vapores y nieblas que se desprenden de los baños. Es recomendable que los equipos de aspiración, sean colocados en los puntos más cercanos a donde se desprenden los vapores.

Para la ventilación general se instalan equipos en paredes o ventanas previstas para aspirar de 60 a 300  $\text{m}^3/\text{min}$ .

Ventiladores. - Son hechos de plomo, de acero recubierto, de plomo o cloruro de polivinilo. El motor tiene potencia entre 2 y 8 c. v. Fig. 6.20.

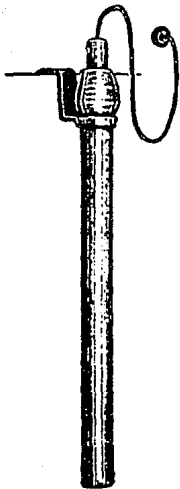
Campanas de aspiración. - Los sistemas de aspiración son distintos, según el tipo de instalación, según la cantidad de producción y el tamaño del baño cuyos vapores deben eliminarse.



CALENTAMIENTO PARA RECIPIENTES GRANDES.

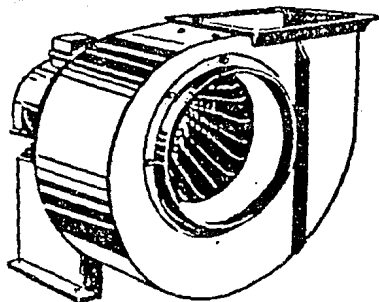
TESIS PROFESIONAL  
INGENIERO QUIMICO  
CARLOS OROZCO H.  
FESC UNAM

FIG. 8.19



CALENTADOR ELECTRICO,  
DE TITANIO.

TESIS PROFESIONAL  
INGENIERO QUIMICO  
CARLOS OROZCO H.  
FESC UNAM



VENTILADOR PARA ASPIRACION DEL AIRE DE LOS LOCALES DONDE  
ESTAN INSTALADOS LOS BAÑOS GALVANICOS.

TESIS PROFESIONAL  
INGENIERO QUIMICO  
CARLOS OROZCO H.  
FESC UNAM



Aspiración por la parte superior.- Es la más empleada en los baños de decapado que desprenden gran cantidad de vapores.

Las campanas se construyen de acero revestido de plomo o pintados de barniz vinílico o de planchas de polivinilo; aspiración aproximada de  $0.5 \text{ m}^3/\text{min}$  para cada  $\text{m}^2$  de superficie del baño. Velocidad de  $1 \text{ m}/\text{seg}$ . Fig.6.21.

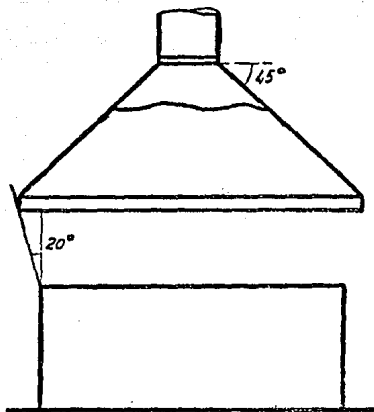
Para baños muy nocivos (baño al cianuro), se emplean campanas cerradas lateralmente donde la velocidad es de  $0.5 \text{ m}/\text{seg}$ .

#### Accesorios.-

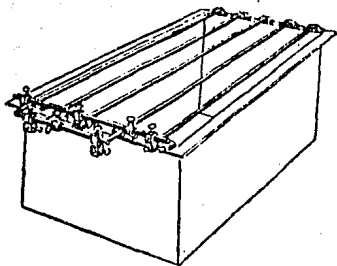
Los accesorios son complementarios en los procesos galvánicos. A continuación mencionaremos los de mayor importancia.

Barras portaelectrodos.- Sobre los recipientes se encuentran las barras de las que penden los ánodos y cátodos, corrientemente en filas alternas, por lo regular el acomodo es de dos barras anódicas y entre ellas una catódica: Fig.6.22. En general son barras circulares de cobre o aluminio, y de diámetro tal que pueda soportar sin flexión el peso de las piezas, conducir la corriente y asegurar un buen contacto. Su posición debe ser tal que impida contactos accidentales de las piezas entre si o con las paredes del baño o el calentador.

Además se emplean aisladores de ebonita y cerámica para aislar y sostener las barras.



CAMPANA PARA ASPIRACION POR LA PARTE SUPERIOR.



DISPOSICION DE LAS BARRAS PORTAELECTRODOS SOBRE UN RECIPIENTE.

Ganchos portaelectrodos. - Se usan para colgar ánodos y cátodos. Necesitan una abertura o un borde de enganche. Son de cobre, bronce o acero. Se debe procurar que la zona de contacto con las barras esté bien limpia. Fig.6.23.

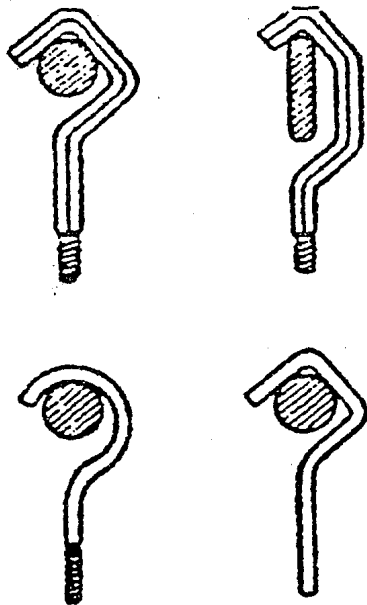
El ánodo que es el electrodo positivo y por donde se introduce la corriente al baño. Los ánodos en forma de barra se colocan en los ganchos y si son esféricos se tienen que introducir en soportes en forma de canastilla revestida con hule o aislante plástico. Fig.6.24.(a) (b)

El cátodo electrodo negativo y que cierra el circuito, lo forman los bastidores y las piezas a recubrir.

La finalidad de los bastidores o ganchos metálicos es el de mantener las piezas sumergidas en el baño, en posición favorable para la deposición y además conducir la corriente.

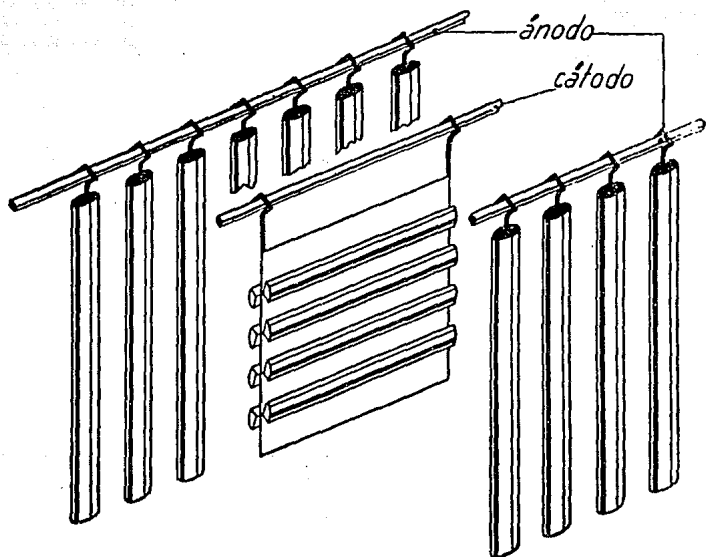
Los bastidores o ganchos pueden ser, desde un simple alambre de cobre o hierro, hasta bastidores con bornes de contacto, pero no deben deformarse con el peso de las piezas. Fig.6.25.(a,b,c,d,e). El contacto entre las piezas y el bastidor puede hacerse por el propio peso de éstas, pero en su mayor parte es recomendable mediante pequeños muelles de acero o de bronce fosforoso fijados a las piezas.

Dentro de los materiales más convenientes para los ganchos o bastidores, tenemos el cobre que es el más empleado por su elevada conductividad y por la facilidad



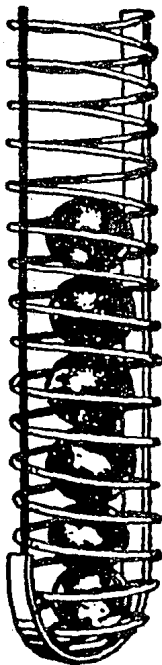
GANCHOS PARA ELECTRODOS

FIG. 8.24 C a )

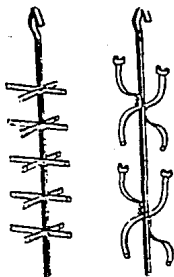


ANODOS ELECTRICOS. LOS OBJETOS A RECUBRIR SE  
COLOCAN ENTRE DOS FILAS DE ANODOS.

TESIS PROFESIONAL  
INGENIERO QUIMICO  
CARLOS OROZCO H.  
FESC UNAM

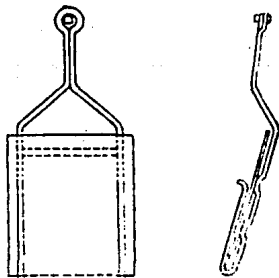


SOPORTE TIPO CANASTILLA  
PARA ANODOS CON FORMA  
ESFERICA.



(a)

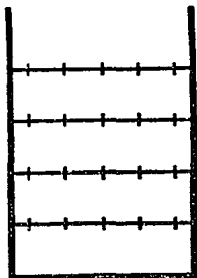
ESPIGAS. EN BRONCE, LATON  
O ACERO. CON FRECUENCIA  
SE AISLAN PARA EVITAR  
DISPERSIONES.



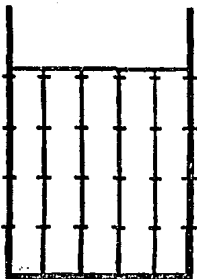
(b)

PORTAPLANCHAS. PARA COLGAR  
PLANCHAS RECTANGULARES.

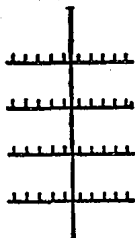




(c)  
 BASTIDOR DE MALLAS  
 HORIZONTALES. PEQUEÑAS PIEZAS DE  
 FORMA CIRCULAR ( CAPSULAS,  
 ARANDELAS, DADOS ) .



(d)  
 BASTIDOR DE MALLAS VERTICALES.  
 PIEZAS DE REDUCIDAS DIMENSIONES  
 VERTICALES.  
 ( PUEDE SOSTENER PESOS MAS  
 GRANDES QUE LOS ANTERIORES ) .



(e)

BASTIDOR DE RASTRILLO.  
BISUTERIA.

con la que se dobla y solda. El acero que presenta la ventaja de tener más solidez y rigidez, pero no es tan buen conductor. El latón y bronce que se consideran mejores conductores que el acero y presentan un poco más de solidez que el cobre.

Para evitar pérdidas del recubrimiento se emplean los ganchos recubiertos de ebonita o cualquier sustancia plástica, menos la zona donde hace contacto con la pieza a electrodepositar.

Por último, es importante comentar que si el electrodepósito no es en bombo, las piezas a proteger son sometidas a las etapas de desengrase y decapado con todo y los bastidores o ganchos.

Sacos anódicos o fundas. - Los ánodos insolubles se corroen dando lugar a la formación de lodos o barro, por lo que es necesario, emplear sacos anódicos o fundas. Estos sacos son holgados y dentro de ellos se introduce el ánodo atándolo alrededor del gancho por arriba del ánodo y fuera de la solución. Estos deben colgar de 2 a 4 pulg. por debajo del fondo del ánodo para recibir el lodo sin aislar el extremo del ánodo. El material de estos depende del tipo de baño a emplear, así tenemos, p.ej.:

Sacos de tela de algodón para níquelado casi neutro, excepto fluoroborato.

Sacos de franela doble y muselina para baños de níquelado ácido.

Sacos de nylon para baños de cianuro alcalino y soluciones sin agitación.

## CAPITULO VII

### ANALISIS Y CONTROL DE LOS BAÑOS ELECTROLITICOS.

Principios generales.- La mayor parte del progreso que ha sido realizado en la galvanotécnica comercial en los últimos años, se ha debido al control de la composición de los baños mediante el análisis a intervalos regulares.

Es importante hacer notar, que la razón para realizar el análisis de un baño, no es la de determinar su composición exacta, sino unicamente la de conocerla dentro de ciertos límites, fijados empíricamente por el baño. Fuera de estos límites, es de desear conocer qué aditivos se requieren o que impurezas nocivas hay que eliminar. La frecuencia requerida de las pruebas, dependerá de la velocidad probable con la cual cambia la composición del baño, la cual a su vez, depende principalmente de la corriente (Amp/hr), que pasa a través de un volumen dado de un baño dentro de un lapso específico de tiempo. Cambios en la composición pueden tener lugar, debido a; primero, por acarreo de agua o de ácido, seguido, por pérdidas por aspersión, y tercero, por descomposición.

En todo proceso galvanotécnico, los análisis de los baños deben hacerse fundamentalmente para mantener sus condiciones de operación satisfactorias y no para corregir dificultades o problemas que hayan surgido.

Análisis cualitativo.- El propósito de este análisis es determinar únicamente si se encuentran presentes o no algunas sustancias. Puede ser útil a veces el controlar los productos químicos de un baño galvánico, determinar

ciertas impurezas; sin embargo en la inmensa mayoría de los casos, si la impureza es nociva, es necesario conocer cuando menos aproximadamente su concentración, con la cual llegamos al análisis cuantitativo.

**Análisis cuantitativo.** - El propósito de este análisis es determinar la concentración de uno o más constituyentes presentes en un baño. Los resultados representan generalmente el contenido de un metal o ión específico, pero pueden utilizarse para calcular las concentraciones equivalentes de las sustancias realmente utilizadas en la preparación de los baños.

**Muestreo.** - Ningún método de análisis, por exacto que sea, resultará de valor si la muestra no es representativa del baño en estudio. El procedimiento general será: 1) terminar la jornada de trabajo; 2) mezclar a fondo; 3) tomar la muestra con una botella o tubo. Si la solución está turbia se deberá filtrar; en el caso de baños de cromo, déjese que la muestra repose toda la noche.

Es importante mencionar que el control del pH para todos los baños es esencial y de forma más práctica para medirlo; tanto para los baños ácidos o alcalinos el empleo del pHmetro usando un electrodo de vidrio o electrodo de quinhidrona.

A continuación se mencionan algunos métodos sencillos y prácticos recomendados para el análisis y control de los diferentes baños planteados en el capítulo IV.

## Soluciones de Niquelado. -

### Constituyentes de las soluciones de níquel.

Constituyentes a determinar.	Frecuencia de la determinación una vez cada:
Níquel	dos semanas.
Cloruro	dos semanas.
Acido bórico	dos semanas.
Amoniaco	mes.
Magnesio	mes.

Contenido de níquel. - Método: Valoración con EDTA estando el Co y Mg ausentes.

Llévese con una pipeta 2 ml de solución del baño en una cápsula de porcelana de 100 mm de diámetro y dilúyase con 100 ml de agua aproximadamente. Añádase 10 ml de amoniaco concentrado y alrededor de 0.5 g del indicador murixida. Valórese con EDTA 0.2N, agitando constantemente hasta que el color pardusco cambie a un tinte magenta brillante.

1 ml de EDTA 0.2N = 0.02809 g de  $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$   
ml de EDTA 0.2N X 14.05 = gr/lit de  $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

Contenido de cloruros. - Método: Valoración con nitrato de plata en solución neutra.

Tómese una muestra de 5 ml de la solución y dilúyase

con agua en Erlenmeyer de 250 ml. Si el pH del níquel sujeto a ensayo es menor de 5-6, añádase también 2 gr de bicarbonato de sódico. Añádanse 2-3 gotas del indicador cromato potásico (se prepara saturando agua destilada con la sal pura, añadiendo 5 gotas de solución de nitrato de plata 0.1N y fíltrese el precipitado de cromato de plata); y valórese cuidadosamente con nitrato de plata 0.1N hasta que el precipitado blanco de cloruro de plata tome un tinte ligero pardo-rojizo.

$$\begin{aligned} 1 \text{ ml de } \text{AgNO}_3 \text{ 0.1N} &= 0.005845 \text{ gr de NaCl} \\ &= 0.01189 \text{ de NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O} \end{aligned}$$

luego

$$\begin{aligned} \text{ml de } \text{AgNO}_3 \text{ 0.1N} \times 1.1890 &= \text{gr/lit de Na Cl} \\ \text{ml de } \text{AgNO}_3 \text{ 0.1N} \times 2.3780 &= \text{gr/lit de NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}. \end{aligned}$$

Contenido de ácido bórico. - Método: Valoración en presencia de glicerina.

Llévese con una pipeta 1 ml de la solución aun matraz de fondo plano de 100 ml o a un vaso de forma baja. Añádase 25 ml de mezcla de ácido bórico<sup>m</sup> y valórese el líquido con sosa caústica 0.1N hasta que el color verde pálido de la solución cambie a un color característico rosa, se forma después de la adición de cada porción de álcali y solamante desaparece mediante una buena mezcla.

$$1 \text{ ml de NaOH 0.1N} = 0.006184 \text{ gr de H}_3\text{BO}_3$$

luego

$$\text{ml de NaOH usados} \times 6.184 = \text{gr/lit de H}_3\text{BO}_3 \text{ en el baño.}$$

\* Mezcla para ácido bórico. -

Citrato sódico	60 gr
Glicerina	600 ml
Indicador de fenolftaleína	2 gr en alcohol
Agua para completar	1000 ml

Contenido de amoníaco. - Método: Volumétrico.

Tómese una muestra de 10 cc del baño, se destila en un exceso de hidróxido de sodio y el amoníaco desprendido  $\text{NH}_3$ , se pasa y se absorbe en una solución valorada de ácido clorhídrico, cuyo volumen se conoce, digamos 25 cc de 0.2N de HCl. El ácido neutralizado se titula con álcali valorado, utilizando naranja de metilo como indicador.

El contenido de amoníaco se calcula:

Una muestra de 10 cc de una baño de níquelado, se destiló en 25 cc de HCl 0.2N y el exceso requirió 8.4 cc de NaOH 0.2N para neutralizarlo. El amoníaco desprendido y por lo tanto neutralizado, fue

$$25 - 8.4 = 16.6 \text{ cc de HCl}$$

La concentración de amoníaco, o de solución de amoníaco será:

$$16.6/10 \times 0.2/10 = 0.333N$$

Esto equivale a:

$$0.332 \times 17 = 5.6 \text{ gr/lit de } \text{NH}_3$$

o sea

$$0.332 \times 53.5 = 17.8 \text{ gr/lit de } \text{NH}_4\text{Cl}$$

o cantidades correspondientes de sulfato de amoníaco o de otras sales de amoníaco.



Contenido de magnesio.- Método: Valoración rápida con EDTA.

Este método se recomienda por su exactitud y rapidez.

Llévese una pipeta 5 ml de la solución de níquelar a un vaso Phillips de 400 ml, dilúyase con 50 ml de agua y añádase 2 o 3 gr de cloruro amónico seguidos por el suficiente cianuro sódico sólido (aprox 4 gr), para disolver el precipitado de cianuro de níquel. Añádase 5 ml de amoniaco concentrado seguido por 6 gotas de el indicador negro de solocromo. Valórese con EDTA 0.2N hasta que el color cambie de un tinte rosáceo a un azul violeta.

1 ml de EDTA 0.2N = 0.02465 gr de  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$   
ml de EDTA 0.2N X 4.930 = gr/lit de  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$

Soluciones de Cobrear.-

#### I Soluciones acidas (sulfatos).

Constituyentes a determinar.	Frecuencia de la determinación una vez cada:
Cobre	dos semanas.
Acido sulfúrico	semana.
Hierro	tres meses.

Contenido de cobre.- Método: Valoración.

Pásese una muestra de 5 ml a un vaso Pyrex de 500 ml de fondo plano. A menos que sepa que el hierro está

ausente de la solución, añádase 1 gr de fluoruro sódico. Lentamente añádase una solución al 25% de sosa caústica hasta que todo el cobre precipite como hidróxido. Enfríese a temperatura ambiente, añádase suficiente cantidad de ácido acético glacial para disolver el precipitado, enfríese de nuevo, añádase 3 gr de cristales de yoduro potásico y déjese reposar durante 3 min para que la reacción sea completa. Luego valórese con tiosulfato sódico 0.1N empleando engrudo de almidón como indicador cuando se acerque el punto final.

1 ml de tiosulfato 0.1N = 0.00636 gr de Cu  
de donde  
ml de tiosulfato usados X 1.272 = gr/lit de Cu en el baño

Contenido de ácido sulfúrico. - Método Valoración de ácido sulfúrico libre.

Llévese con una pipeta 10 ml de la solución del baño a un vaso Phillips de 450 ml y añádase como mínimo 150 ml de agua. Valórese la solución diluida con sosa caústica 1N, mezclando completamente durante la adición del álcali, hasta que aparezcan los primeros síntomas de una turbidez permanente en el líquido. El ácido debe añadirse lentamente para evitar la formación de grandes coágulos de precipitado, que se dispersan y se disuelven con gran dificultad. El verdadero punto final es una ligera turbiedad que se difunde en todo el líquido, antes que se separen copos de sustancia insolubles flotando de un lado a otro. Anótese la lectura de la bureta.

1 ml de NaOH 1N = 0.0490 gr de  $H_2SO_4$   
de donde

ml de NaOH 1N gastados X 4.9 = gr/lit de  $H_2SO_4$  en el baño

Contenido de hierro.- Método: Procedimiento rápido  
basado en la reducción del cinc.

Llévese una muestra de 10 ml a un matraz de fondo plano de 750 ml. Añádase 100 ml de agua, luego 25 ml de ácido sulfúrico concentrado y finalmente 20 gr de cinc puro exento de hierro. Déjese reposar durante 30 min o bien hasta que el color azul del líquido haya desaparecido completamente, añadiendo mas cinc si fuese necesario. Enfríese y filtrese a través de papel Whatman núm. 541, lavando convenientemente el frasco y el papel con agua fría.

Valórese el filtrado y el papel con solución de permanganato potásico 0.1N; en el punto final aparece un color rosa claro.

1 ml de  $KMnO_4$  0.1N = 0.00558 gr de Fe

de donde

ml de  $KMnO_4$  0.1N gastados X 0.558 = gr/lit de Fe en el  
baño

## II Soluciones de Cobre de fluoborato

Constituyentes a  
determinar

Frecuencia de determinación  
una vez cada:

Cobre

mes.

Acido Fluobórico

semana.

Debido al uso reciente de estos baños no se ha desarrollado un método preciso de análisis.

Estas soluciones son muy parecidas en constitución a los baños de sulfato, teniendo en cuenta que en este caso el radical fluoborato ( $F_4B^-$ ), reemplaza al radical sulfato ( $SO_4^{=}$ ). Consta de fluoborato disuelto en presencia de ácido fluobórico libre; la concentración de cobre es, por regla general, más alta que en la mayoría de los baños de sulfato. Algunas veces se añaden agentes de adición para mejorar el poder de penetración.

Contenido de cobre.- Método: Valoración con tiosulfato.

Tómese una muestra de 2 ml, diluyéndose a 20 ml y después aforece en un matraz de 200 ml, tómese con una pipeta una porción de 20 ml. Esta muestra tendrá una concentración de cobre comprendida entre 60 y 100 gr/lit. Para la zona de 100 a 200 gr/lit tómese una muestra de 1 ml.

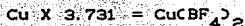
Pásese a un matraz de fondo plano de 500 ml y dilúyase con agua a 150 ml. Añádase lentamente, con constante agitación, una solución de sosa caústica al 25% hasta que el líquido sea justamente alcalino y aparezca un precipitado de hidróxido de cobre; luego acidifíquese con ácido acético glacial, añadiendo 5 ml de exceso. Enfríese y añádase 3 gr de yoduro potásico, dejando reposar durante 3 min. Valórese con tiosulfato sódico 0.1N. Si el ácido fluobórico utilizado contiene algo de ácido fluosilícico, la adición de sosa caústica puede originar la precipitación de sílice gelatinoso, aunque si no está presente en grandes cantidades no

afectará el método.

1 ml de tiosulfato 0.1N = 0.00638 gr de Cu

luego

ml de tiosulfato 0.1N usados X 3.18 = gr/lit de Cu en el  
baño.



Contenido de ácido fluobórico libre.- Método:  
Valoración con NaOH.

Tómese una muestra de 10 ml, añádase 150 ml de agua  
una gotas del indicador rojo de cresol. Valórese con  
NaOH 1N hasta que el azul-violeta de la solución cambie  
a un azul-verdoso. Léase la indicación de la bureta.

1 ml de NaOH 1N = 0.0890 gr de  $\text{HBF}_4$

luego

ml de NaOH 1N usados X 8.790 = gr/lit de  $\text{HBF}_4$  en el baño.

### III Soluciones cianuradas de cobrear (cianuros tipo Rochelle)

Constituyentes a determinar	Frecuencia de la determinación una vez cada:
Cobre	dos semanas
Cianuro libre	semana (en baños de sal de Rochelle diario)
Sal de Rochelle	mes

Carbonatos	tres meses
Sosa caústica	cuando precise
Cianuro total	cuando precise
Hierro	cuando precise

Contenido de cobre.- Método: Valoración con tiosulfato sódico.

Llévese una muestra de 10 ml a un frasco Pyrex de fondo plano de 500 ml, añádase 10 ml de ácido nítrico y 10 ml de ácido sulfúrico concentrado y caliéntese hasta que todos los cianuros se descompongan y se desprendan humos densos de ácido sulfúrico. Enfriese y dilúyase con 200 ml de agua y añádase solución de sosa caústica al 25% o carbonato sódico, hasta que el líquido sea neutro y se precipite hidróxido de cobre.

1 ml de tiosulfato 0.1N = 0.00636 gr de Cu  
de donde  
ml de tiosulfato usados X 1.272 = gr/lit de Cu en el baño

Contenido de Cianuro "libre"

Se estudiará más adelante, al analizar el cianuro total.

Contenido de Sal de Rochelle.- Método: Rápido mediante valoración

con permanganato  
potásico.

Póngase una muestra de 5 ml en un Erlenmeyer pequeño, trátase con un ligero exceso (aprox 1 ml), de ácido clorhídrico y hiérvase para destruir todos los cianuros. Debe evitarse que el volumen disminuya por debajo de 2 ml. Cuando la solución está clara, dilúyase a 50 ml y añádase 1 gr de polvo o granalla de cinc. Agítese bien hasta que todo el cobre precipite (ausencia de color verde). Filtrese, lávese bien el precipitado y recojase el filtrado, que deberá ser incoloro. Añádase 5 ml de ácido sulfúrico concentrado, 1 gr de sulfato manganoso y caliéntese casi a ebullición. Echese un exceso medido, de permanganato potásico 0.1N para clarificar la solución y caliéntese de nuevo casi a ebullición. Valórese nuevamente con permanganato hasta que aparezca un tinte rosa que persista durante 1 min.

1 ml de  $\text{KMnO}_4$  0.1N = 0.0047 gr de Sal de Rochelle

Contenido de carbonato. - Método: precipitación por cloruro de bario seguido de valoración con ácido patrón.

Llévese cuidadosamente con una pipeta 10 ml a un vaso de 400 ml. Agréguese 300 ml de agua, calentando sin que llegue a hervir. Añádase solución de cloruro de bario al 30% hasta que ya no tenga lugar precipitación alguna (normalmente son suficientes 10 ml), luego añádase 5 ml aproximadamente en exceso. Se deja que el precipitado blanco pesado se sedimente, y a continuación

se filtra a través de papel de filtro Whatman 40, lavando bien el vaso con agua hirviendo. Colóquese el papel filtro y el precipitado en el vaso original, adicionando 200 ml de agua fría y, con la ayuda de una varilla de vidrio, sepárese completamente el precipitado del papel de filtro. Después de esto, añádase 6 gotas de indicador anaranjado de metilo y valórese con ácido clorhídrico o sulfúrico 1 N, acompañando con agitación vigorosa hasta que el color amarillo del indicador cambie a rosa.

1 ml de HCl 1N = 0.053 gr de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$

luego

ml de HCl 1N gastados X 5.30 = gr/lit de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  en el baño.

Contenido de sosa cáustica. -

Algunas veces se añade sosa cáustica a los baños rápidos de cobrear y a las soluciones de cobre brillante. Frecuentemente se usa el hidróxido potásico en lugar de sódico, ya que origina una solución de mayor conductibilidad.

Método: valoración con ácido sulfúrico.

Tómese dos probetas de Nessler de 50 ml de capacidad y márchese con una A y una B respectivamente. En la probeta A introdúzcase 1 gr de cianuro sódico y 10 ml de agua. En la B colóquese 1 gr de cianuro sódico y 10 ml de solución del baño sometidos a ensayo. A ambas probetas añádase 6-8 gotas del indicador sulfo-orange.

En el tubo B viértase cuidadosamente ácido sulfúrico



1 N desde la bureta, agitándose el tubo suavemente durante la valoración y no añadiendo más de 0.3 ml de una vez. Añádase agua al tubo A para mantener un volumen igual de líquido en cada tubo conforme progresa la valoración. El punto final se alcanza cuando el color del líquido en los dos tubos es el mismo.

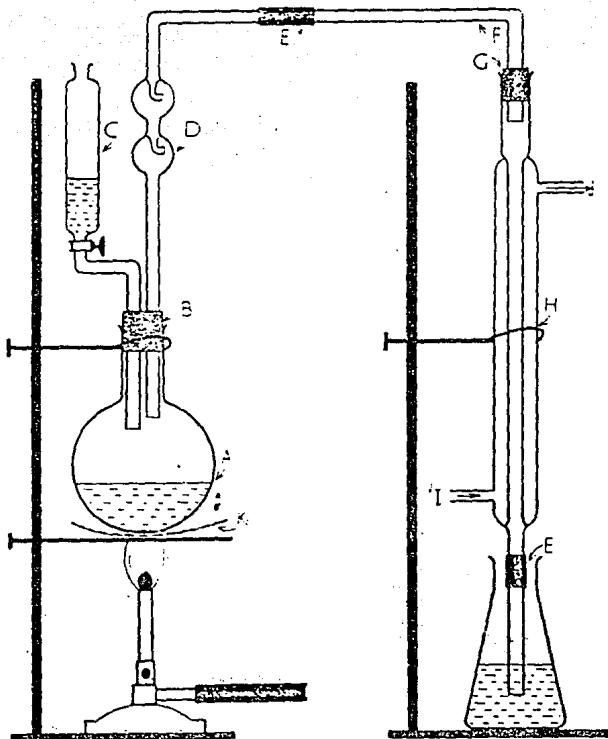
1 ml de  $H_2SO_4$  1 N = 0.0400 gr de NaOH

luego

ml de  $H_2SO_4$  1N gastados X 4.00 = gr/lit de NaOH en el  
baño.

Contenido de cianuro.- Método: por destilación del  
HCN.

Móntese el aparato mostrado en la Fig. 7.1. En el matraz de fondo redondo échese 10 ml de la solución a ensayar mediante una pipeta. Dilúyase a 200 ml con agua. Colóquese en el embudo decantador 20 ml de ácido fosfórico concentrado y luego añádase 20 ml aproximadamente, la solución de sosa caústica al 25% al Erlenmeyer que actúa como receptor del destilado. Conéctese el agua corriente a través del condensador y dese la vuelta cuidadosamente a la llave del embudo que contiene el ácido fosfórico para que caiga una gota cada 3 seg. Cuando casi todo el ácido haya caído en el matraz (déjese siempre algo en el embudo para que haya cierre estanco), mézclase bien, enciéndase el gas y empíese a destilar suavemente. Continúese hasta que haya destilado las  $\frac{2}{3}$  partes del líquido, pero sin llegar hasta el punto en que aparecen humos



APARATO DE DESTILACION.

- A) MATRAZ DE FONDO REDONDO.
- B) TAPON DE GOMA.
- C) EMBUDO DE DECANTACION CON TUBO ACODADO.
- D) DOBLE BULBO CON TRAMPA.
- E) TUBO DE GOMA.
- F) TUBO ACODADO DE SALIDA.
- G) TAPON DE GOMA.
- H) REFRIGERANTE (PREFERIBLE EL TIPO DE DOBLE TUBO).
- I) ENTRADA DE AGUA.
- J) SALIDA DE AGUA.
- K) REJILLA METALICA.

**TESIS PROFESIONAL  
INGENIERO QUIMICO  
CARLOS OROZCO N.  
FESC UNAM**

(Probablemente de ácido fosfórico).

Cuando se haya completado la destilación enjuáguese el condensador con agua y valórese el cianuro sódico del Erlenmeyer con nitrato de plata 0.1 N, agitando continuamente hasta la aparición de una turbidez blanco-amarillenta.

$$1 \text{ ml de } \text{AgNO}_3 \text{ 0.1N} = 0.0098 \text{ gr de NaCN}$$

de donde

$$\text{ml de } \text{AgNO}_3 \text{ 0.1N gastados} \times 0.98 = \text{gr/lit de NaCN}$$

Contenido de hierro.- Método: precipitación como hidróxido.

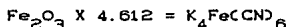
Póngase 10 ml de la solución en un matraz Kjeldahl de fondo redondo. Añádase cuidadosamente 10 ml de ácido sulfúrico concentrado, y después que se ha calmado la primera reacción violenta, caliéntese sobre una malla metálica hasta que aparezcan humos de ácido sulfúrico. Continúese calentando fuertemente hasta que desaparezca del líquido el color oscuro del carbón debido a la parcial descomposición de la materia orgánica incluyendo la sal de Rochelle. Es posible que se tarde bastante tiempo en completar la descomposición pero es necesario realizarla totalmente o se obtendrán resultados bajos.

Enfriese el matraz y dilúyase con cuidado con agua a 200 ml. Vierta el contenido del matraz a un vaso de 300 ml y caliéntese a 70°C, luego hágase alcalino con amoníaco para precipitar el hidróxido férrico. Filtrese a través de papel Whatman núm. 41, lavando bien con agua caliente ligeramente alcalinizada con amoníaco. Disuélvase el precipitado con ácido clorhídrico al 50%,

caliéntese y precipítese de nuevo con amoníaco. Esta doble precipitación se realiza para liberar al hidróxido férrico, del cobre presente, en mayor concentración que el hierro en la solución electrolítica.

Por último, séquese, caliéntese y pésese como hidróxido férrico.

gr de  $Fe_2O_3$  encontrados  $\times 100 =$  gr/lit de  $Fe_2O_3$  en el baño.



#### Soluciones de Cromar.-

Constituyentes a determinar.	Frecuencia de la determinación una vez cada:
Acido crómico	semana.
Acido sulfúrico	dos semanas.
Cromo trivalente	tres meses.
Hierro	tres meses.
Níquel y cobre	tres meses.

Contenido de ácido crómico.- Método: ácido crómico libre por valoración con álcali.

Dilúyase una muestra de 10 ml con agua hasta por lo menos 300 ml en un vaso Phillips alto. Valórese con carbonato sódico 1N hasta aparición de la primera

turbidez. Para soluciones nuevas, añádase 2 ml de sulfato de cobre al 20% neutralizado, antes de comenzar la valoración.

1 ml de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  1N = 0.1 gr de  $\text{CrO}_3$

luego

ml de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  1N usados X 10 = gr/lit de  $\text{CrO}_3$  en el baño.

Contenido de ácido sulfúrico.- Método: con mezcla reductora.

Déjese reposar una muestra de la solución de cromo toda la noche para que la materia en suspensión sedimente. Tómese con una pipeta 25 ml y llévase a un vaso de 500 ml. Añádase 250 ml de mezcla reductora\*, colóquese un regulador de ebullición en la solución y caliéntese hasta ebullición en la parrilla eléctrica. Continúe calentando hasta que el volumen de la solución se reduzca a 80 ml, aproximadamente, para entonces la totalidad del cromo se ha reducido a la forma trivalente.

Mientras la ebullición se calma, añádase por medio de una pipeta 10 ml de solución de cloruro de bario al 10%, después dilúyase con agua hirviendo a un volumen de 400 ml. Déjese reposar como mínimo 24 hr.

Caliéntese casi hasta ebullición y sepárese, filtrando a través de un papel Whatman núm. 40, el sulfato de bario. Lávese vaso y precipitado, con agua hirviendo, ligeramente acidificada con ácido clorhídrico diluido. Pásese papel y precipitado a un crisol de porcelana tarado y séquese cuidadosamente; a continuación calcínese en una mufla, hasta que todas las

trazas de carbón desaparezcan. Enfriese y pésese como sulfato de bario.

peso de  $BaSO_4$  encontrado  $\times 0.0202 = H_2SO_4$  en la muestra.

de donde

gr de  $BaSO_4$  encontrados  $\times 16.81 =$  gr/lit de  $H_2SO_4$  en el baño.

<sup>M</sup> Mezcla reductora: mézclese justamente en un frasco Winchester;

Acido clorhidrico (conc.)	500 ml
Acido acético 33%	1500 ml
Alcohol etílico (espíritu de vino)	300 ml

Contenido de cromo trivalente más hierro. - Método: gravimétrico.

Una muestra de 25 cc del baño de cromo, se diluye a 200 cc, se calienta hasta ebullición y se añade un ligero exceso de hidróxido de amonio. El precipitado de hidróxido crómico y el de hidróxido férrico contiene algo de cromato disuelto, se filtra, se lava con agua caliente y se disuelve en ácido sulfúrico diluido; se precipita posteriormente con amoniaco, se filtra y se lava nuevamente con agua caliente. El precipitado se disuelve en ácido sulfúrico diluido y se agraga un exceso de hidróxido de sodio y unos cuantos c.c. de peróxido de hidrógeno o en agua de bromo. La solución se hierve y se filtra; el precipitado se disuelve nuevamente en ácido sulfúrico y se hierve con hidróxido

de sodio y peróxido de hidrógeno filtrando una vez más. El precipitado se calcina y se pesa al estado de  $Fe_2O_3$ . Los filtrados combinados contienen el cromo oxidado a cromato se acidifican, se hierven para expulsar el peróxido de hidrógeno o el bromo en su caso, y se titulan.

25cc de un baño dieron 0.0832 gr de  $Fe_2O_3$  entonces:

$$\begin{aligned} & 1000/25 \times 0.0832 \times 2Fe/Fe_2O_3 \\ & 40 \times 0.0832 \times 0.70 = 2.33 \text{ gr/lit de Fe.} \end{aligned}$$

Si el cromato producido a partir de 25 cc del baño requirió 35 cc de sulfato ferroso 0.089N, el cromo trivalente será igual a:

$$\begin{aligned} & 35/25 \times 0.089 = 0.125N \\ & 52/3 \times 0.125 = 2.2 \text{ gr/lit de Cr trivalente} \end{aligned}$$

Contenido de cobre y níquel.- Método: precipitación con sulfhídrico y dimetilglioxima.

Raras veces se requieren la determinación de dos metales para soluciones corrientes sujetas a control. El cromo se separa primero, preferiblemente como cloruro de cromilo volátil.

Trátase una muestra de 10 ml de ácido clorhídrico gaseoso\* hasta que casi todo el cromo haya sido volatilizado como cloruro de cromilo. Cuando se precipita el hierro, guárdese los filtros de la primera y segunda precipitación y únase en un vaso de 250 ml. Hágase el filtrado amoniacal, justamente ácido, con ácido sulfúrico al 25% y luego añádase 5 ml en exceso. Pásese una corriente constante de sulfuro de hidrógeno a



través del líquido durante 10 a 15 min hasta que todo el cobre haya precipitado como sulfuro. Déjese reposar el precipitado pardo oscuro y fíltrese a través de filtro Whatman núm. 40, lávese el precipitado con agua caliente a través del cual se ha hecho un poco de sulfuro de hidrógeno. (Después del lavado, pásese unos minutos un poco de sulfuro de hidrógeno a través del filtro claro. Este deberá permanecer claro. Cualquier precipitado indica que no ha sido extraído el cobre, en cuyo caso el paso del gas se deberá continuar durante otros 3 min, más o menos; déjese reposar el precipitado y fíltrese a través del mismo filtro de antes). Pásese el papel y el sulfuro de cobre a un crisol de porcelana tarado, secado y calcinado cuidadosamente hasta que la última traza de carbón se haya quemado. Enfríese y pésese como óxido de cobre.

peso de CuO encontrados X 0.799 = peso de Cu en la  
muestra

luego

gr de CuO encontrados X 79.90 = gr/lit de Cu en el baño.

El filtrado del sulfuro de cobre se evapora luego cuidadosamente hasta que el volumen no exceda de 200 ml, al mismo tiempo el exceso de sulfuro de hidrógeno escapará de la solución. Añádase 5 gr de cloruro amónico. Se añaden 10 ml de solución al 1% de dimetilglioxima en alcohol para precipitar todo el níquel; déjese reposar a temperatura de 70°C durante 30 min para permitir que el precipitado rojo sedimente o coagule. Fíltrese a través de un crisol de vidrio poroso (porosidad 3) previamente tarado, lavando bien con agua

caliente. Séquese el crisol en una estufa a temperatura de 100 a 120°C y pésese como complejo de glioxima.

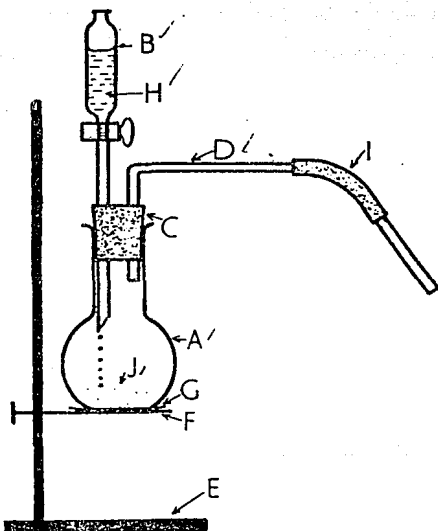
complejo de glioxima X 0.2031 = Ni

luego

gr de complejo encontrados X 20.31 = gr/lit de Ni en el  
baño.

\*El ácido clorhídrico gaseoso para la experiencia se prepara, dejando gotear ácido sulfúrico concentrado sobre cloruro sódico pulverulento en un matraz de 1 lit equipado con un embudo decantador y un tubo de salida , Fig. 7.2.

FIG. 7.2



APARATO PARA LA PREPARACION DEL CLORURO DE HIDROGENO GASEOSO: A) MATRAZ DE FONDO PLANO DE 1 LT. B) EMBUDO DE DECANTACION. C) TAPON DE GOMA D) TUBO DE VIDRIO ACODADO DE SALIDA. E) SOPORTE. F) ANILLO PARA SOPORTE METALICO. G) REJILLA METALICA. H) ACIDO SULFURICO CONC. I) CONEXION DE TUBO DE GOMA. J) CLORURO SODICO EN POLVO.

TESIS PROFESIONAL  
INGENIERO QUIMICO  
CARLOS OROZCO H.  
FESC UNAM

## PRUEBA DE LOS RECUBRIMIENTOS ELECTROLITICOS.

Durante los últimos años se ha llevado a cabo más investigación y se ha progresado más en los métodos relativos a probar las cubiertas galvánicas, más que en cualquier otra época de ésta industria. La ampliación de la galvanotecnia en nuevas aplicaciones, han creado demanda considerable de alta calidad y consistencia para este tipo de recubrimientos.

Las principales propiedades que determinan el valor de un recubrimiento electrolítico son:

Aspecto  
 Espesor  
 Porosidad  
 Resistencia a la corrosión  
 Adherencia

A continuación se mencionarán diversos métodos para la evaluación de las propiedades mencionadas anteriormente, aclarando que éstos no son los únicos métodos y que se escogieron éstos por ser sencillos y prácticos, pudiéndose llevar a cabo en cualquier planta galvanotécnica por muy pequeña que sea.

## Aspecto. -

En relación a ésta propiedad, se hace visual y se toma en cuenta principalmente el color y el lustre, pero también se habla de un recubrimiento con buen aspecto, cuando no tenga picadura, manchas o ampollas.

El aspecto visual es una importante faceta de la calidad, pero lamentablemente ha tendido con frecuencia a ser el único criterio de aceptabilidad. Esta norma encierra dos desventajas. Una es la de correr el riesgo de desechar acabados de una duración notablemente superior a causa de su lustre ligeramente reducido y la otra es la de aceptar acabados de muy baja calidad, pero de buen aspecto. Si bien el examen visual suministra un dato útil sobre la calidad del acabado, tal información puede ser errónea si no es reforzada con datos de las otras propiedades.

#### Espesor. -

En la gran mayoría de los casos, el valor protector de muchos recubrimientos, y particularmente el de los obtenidos por galvanotécnica, es función de su espesor y todas las normas incluyen determinadas exigencias sobre el mismo.

La determinación del espesor de un recubrimiento puede ser realizada de distintas maneras.

Métodos microscópicos (ASTM A 219-45T). - El método más exacto para determinar el espesor de un recubrimiento consiste en preparar una sección de la muestra por corte perpendicular al recubrimiento y pulimento metalográfico, después de los cual se mide el espesor bajo la observación microscópica. Pero éste método es lento y caro y solamente se utiliza con fines especiales.

Métodos químicos. - Es posible disolver el

recubrimiento del metal base y determinar la cantidad de metal presente en la solución por análisis químico, y con ello calcular el espesor del recubrimiento. No obstante, esto se efectúa raras veces, ya que es más sencillo hallar la manera de disolver el recubrimiento de una superficie dada sin afectar al metal base. Pesandola muestra antes y después de ésta operación, puede determinarse fácilmente el peso, y con él el espesor del recubrimiento.

Diluciones para disolver depósitos de níquel.- Una disolución apropiada para atacar el recubrimiento de níquel sin atacar al metal base (acero) consiste en ácido nítrico de alta concentración (85-95% de  $\text{HNO}_3$ ,  $D=1.50$ ), que solo disuelve al níquel, ya que el hierro se pasiva ante el ácido nítrico.

Otro método para disolver al níquel sobre acero consiste en el tratamiento anódico de los objetos en electrolitos, siendo pasivo el acero, un ejemplo de este electrolito es una disolución :

nitrato sódico	800 gr/lit
temperatura	95°C
pH	6-8
densidad de corriente	10 A/dm <sup>2</sup>

Una dilución que disuelva al níquel depositado en superficies de cobre y latón es la compuesta por:

bisulfato sódico	100 gr/lit
sulfocianuro	100 gr/lit
densidad de corriente	2 A/dm <sup>2</sup>

Después que el depósito de níquel sea disuelto, el objeto debe ser sacado rápidamente de la disolución para impedir que el cobre o el latón sean atacados.

Diluciones para disolver depósitos de cobre.- Los recubrimientos de cobre, se eliminan del acero por medio de una dilución de ácido crómico que contiene por litro unos 500 gr de ácido crómico y 5 gr de ácido sulfúrico. La solución es mejor utilizarla en caliente. También puede eliminarse el cobre y el níquel, o ambos, del acero mediante un tratamiento anódico en una solución de nitrato sódico. La solución es muy concentrada (500 gr/lit) y se mantiene a un pH de 7.6 a 8.2. Se emplea a una densidad de corriente de 21 A/dm<sup>2</sup>, a 6 volts, y es necesario en la solución un serpentín refrigerante de acero para evitar altas temperaturas debido a las grandes densidades de corriente utilizadas.

Conocida la cantidad del metal del recubrimiento disuelta y la superficie del objeto correspondiente, se calcula el espesor de la capa en centímetros cuadrados según la ecuación:

$$d = \frac{\text{Peso del recubrimiento en gr X factor}}{\text{superficie en cm}^2}$$

los valores de los factores para el níquel y el cobre son:

$$\text{níquel} = 0.112$$

$$\text{cobre} = 0.112$$

Para determinar el espesor del cromo se hace por el

método propuesto por el American Society for Testing of Materials (ASTM A 219-45 D). Este método se llama también método a la gota y sirve para determinar el espesor de los recubrimientos de cromo sobre hierro y níquel.

Este método consiste en aplicarles unas gotas de ácido clorhídrico concentrado al depósito de cromo, midiendo el tiempo que tarda en disolverse y se realiza en uno o varios puntos de la superficie.

La limpieza de la superficie a determinar se hace por medio de un ligero frotamiento con un pasta de óxido de magnesio y después un lavado y secado.

La zona a ensayar debe tener aproximadamente un área de  $0.6 \text{ cm}^2$ , la cual se rodea de un pequeño anillo de parafina fundida o de cera, es importante tomar la temperatura a la que se está trabajando.

Una vez lista la superficie se deposita con un cuenta gotas en el interior del anillo de cera unas gotas del ácido clorhídrico ( $D=1.18$ ), midiéndose el tiempo exactamente. Con un cronómetro desde el comienzo de la formación de gases hasta la primera aparición del metal base, el final de la prueba se manifiesta por la desaparición del enturbiamiento y la presencia de pequeñas burbujas gaseosas.

Cuando las primeras gotas del ácido no actúan inmediatamente, se activa la superficie de ensayo, dentro del anillo, tocándola con un alambre de níquel.



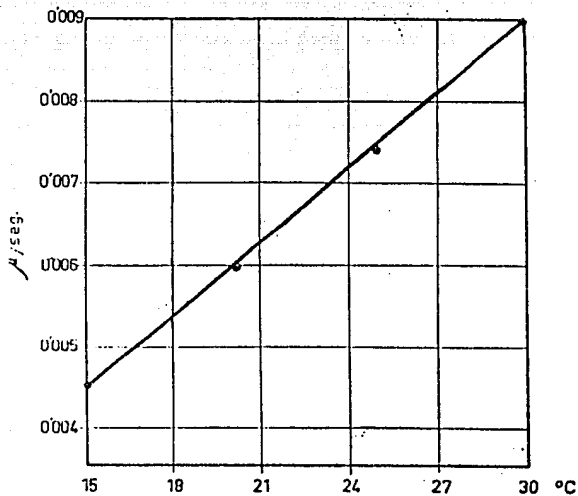
El espesor se determina multiplicando el factor de la temperatura hallado en la Fig. 8.1 por el número de segundos transcurridos hasta la aparición del metal base.

Ensayo de Chorro BNF. - Es actualmente el método más ampliamente utilizado para las mediciones de rutina del espesor de los recubrimientos. En este procedimiento se dirige un chorro de un determinado reactivo sobre el recubrimiento, bajo condiciones cuidadosamente establecidas, y se observa el tiempo necesario para la penetración. Existen soluciones adecuadas que permiten aplicar este método a los recubrimientos de níquel y cobre. El chorro se dirige sobre el artículo, cuidadosamente limpiado, bajo una presión constante de 25.4 cm de columna de agua. El montaje debe consistir en un tubo capilar de vidrio con un orificio circular de 1.5 mm de diámetro, de no menos de 11.6 cm. de largo, que se estrecha suavemente hacia el extremo de la tobera y termina a disitno nivel en la parte alta de la misma. Las dimensiones de la parte alargada deben ser tales que  $D-d/L$  debe estar entre 0.030 y 0.045, siendo D el diámetro interno del tubo capilar, d el diámetro interno del extremo de la tobera y L la longitud de alargamiento. La tobera debe proyectar 10 ml de agua a 20°C en 27 a 29 seg. bajo una presión de 25.4 cm de columna de agua.

Para el níquel y el cobre las soluciones de ensayo constan de:

Cloruro férrico( $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ )	300 gr/lit
Sulfato de cobre( $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ )	100 gr/lit

FIG. 8.1



VARIACION DEL FACTOR PARA LA DETERMINACION DEL  
 ESPESOR POR EL ENSAYO A LA GOTA EN FUNCION DE LA  
 TEMPERATURA.

TESIS PROFESIONAL  
 INGENIERO QUIMICO  
 CARLOS OROZCO H.  
 FESC UNAM

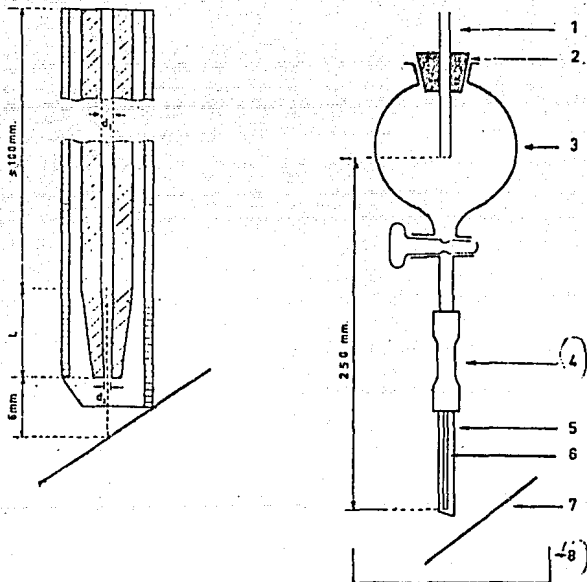
Cuando ha tenido lugar la penetración, aparece una mancha de cobre en el caso de los recubrimientos de níquel directos sobre el acero. Puesto que ésta no es visible mientras mana el chorro, éste debe ser parado de vez en cuando para probar cuándo ha ocurrido la penetración (ya llegó al metal base), mediante un cronómetro puesto en funcionamiento y parado cuando empieza y termina el ensayo, respectivamente se obtiene una medida del tiempo total en que mana realmente el chorro. El tiempo de penetración depende de la temperatura de la solución, la cual se determina mediante un termómetro sumergido en el depósito. La Fig. 8.2 muestra un aparato apropiado para el ensayo, consiste en un recipiente para el líquido provisto de llave, un dispositivo de calefacción con termómetro para mantener la temperatura constante, un tubo de salida protegido y un soporte para el sistema.

Como la rapidez de reacción depende de la temperatura, es preciso encontrar el coeficiente exacto de la curva contrastante para cada temperatura.

El espesor en micras resulta de multiplicar el tiempo de disolución en segundos por el coeficiente que dé la curva. Fig. 8.3

Ensayo de la gota. - En este método se puede emplear el mismo aparato utilizado en el método de chorro, solo que en vez de dejar caer un chorro, se dejan caer en 1 min 100 gotas de 0.05 ml cada una, de una disolución, según sea el caso.

FIG. 8.2



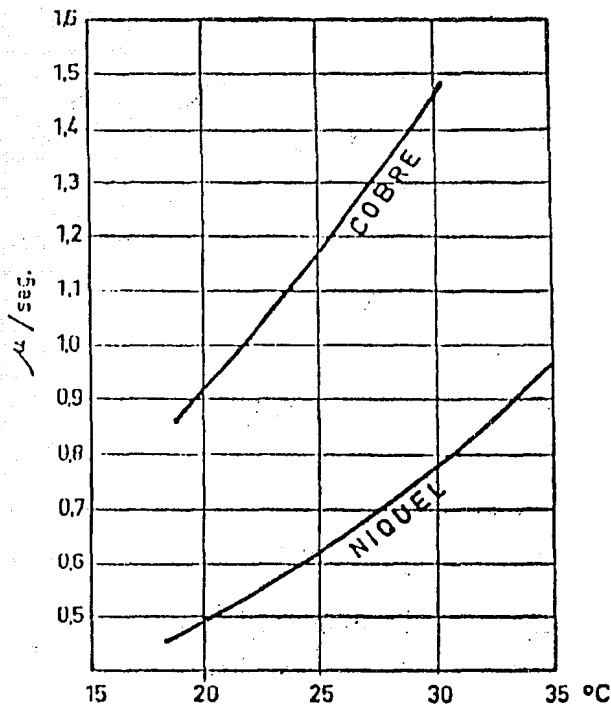
- 1) TUBO DE VIDRIO PARA ENTRADA DE AIRE Y MANTENER  
CONSTANTE LA PRESION. 2) TAPON DE GOMA. 3) EMBUDO DE  
DECANTACION. 4) TUBO DE GOMA. 5) TUBO DE PROTECCION.  
6) CAPILAR. 7) PROBETA. 8) RECIPIENTE DE RECOGIDA.

$$d_1 = 1.25 \text{ a } 1.50 \text{ mm.}$$

$$d_2 = 0.5 \text{ a } 0.8 \text{ mm.}$$

$$d_1 - d_2 / L = 0.030 \text{ a } 0.045$$

TESIS PROFESIONAL  
INGENIERO QUIMICO  
CARLOS OROZCO H.  
FQSC UNAM



RECUBRIMIENTOS DE COBRE Y NIQUEL.

TESIS PROFESIONAL  
INGENIERO QUIMICO  
CARLOS OROZCO N.  
FESC UNAM

Para niquelado:

Acido nítrico concentrado	80 cc
Acido sulfúrico concentrado	20 cc
Agua	40 cc

Para cobre sobre hierro:

Cloruro férrico	450 gr/lit
Trióxido de antimonio	20 gr/lit
Acido clorhidrico	200 cc
Acido acético glacial	250 cc

Del tiempo que tarde en penetrar el líquido a través del recubrimiento se deduce el espesor, por medio de un factor empírico de temperatura-tiempo.

Método de la cuerda.- En este método el recubrimiento se esmerila, una superficie plana con un disco de radio R que gira velozmente, hasta que encuentre el metal base. midiendo entonces la longitud de la cuerda C. El espesor D del recubrimiento se calcula por medio de la ecuación

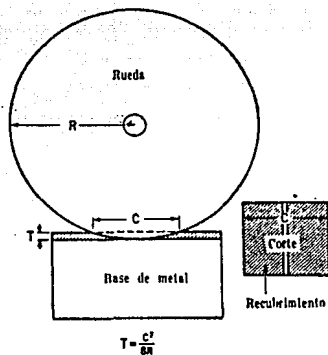
$$D = C^2/8R \quad (\text{Fig. 8.4})$$

Este método puede aplicarse a superficies curvas utilizando una lima plana si se conoce el radio de curvatura de la superficie. (Fig. 8.5)

Porosidad.-

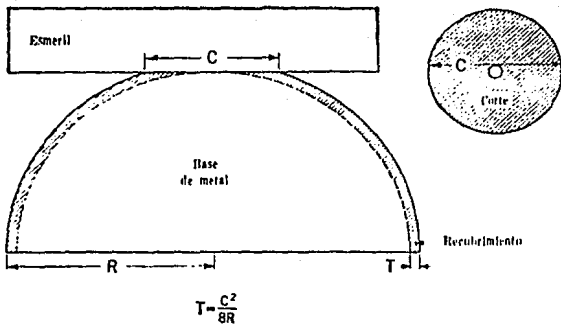
Se puede confirmar que la acción

FIG. 8.4



METODO DE LA CUERDA, USANDO UN ESMERIL SOBRE UNA SUPERFICIE PLANA.

**TESIS PROFESIONAL**  
**INGENIERO QUIMICO**  
**CARLOS OROZCO H.**  
**FESC UNAM**



METODO DE LA CUERDA. EMPLEANDO UNA LIMA PLANA SOBRE UNA SUPERFICIE CURVA.



protectora de un recubrimiento metálico depende de su porosidad; por tanto aunque la porosidad de estos recubrimientos representa una buena base para calcular la acción protectora del recubrimiento, no existe actualmente, ningún método cuantitativo para conocer la porosidad es por esto que hasta ahora se hacen pruebas de porosidad de los recubrimientos metálicos por métodos cualitativos.

Método de Agar-Agar o método de Ferroxil.- Los ensayos de porosidad se basan en la aplicación de un reactivo que reaccione con el metal base a través de los poros del recubrimiento sin atacar a este.

Para la determinación de la porosidad de los recubrimientos catódicos, tales como el níquel, cobre o cromo sobre acero se usa el método agar-agar que consiste en:

Cloruro sódico	30 gr/lit
Agar-Agar	15 gr/lit
Ferrocianuro potásico	5 gr/lit
Ferricianuro potásico	5 gr/lit

Se aplica sobre la superficie a tratar, previamente desengrasada con alcohol y eter (volumenes iguales), mediante una brocha o pincel una capa de la solución caliente mencionada anteriormente.

Una hora despues de que la solución aplicada haya gelificado se observará el resultado. La aparición de puntos o manchas de color azul indica defectos que alcanzan al metal base.

Si el metal base es cobre entonces las manchas son de color pardo.

Método de ataque con una solución de cloruro de sodio y de cobre.- Este método se aplica a los recubrimientos de cromo sobre una película de níquel.

La solución está compuesta por:

Cloruro sódico 120 gr/lit

Cloruro cúprico 170 gr/lit

esta solución se conserva en un frasco con exceso de óxido cúprico sólido para neutralizar la acidez.

La pieza desengrasada previamente con la mezcla éter-alcohol se sumerge al frasco o se le puede aplicar la solución sobre la zona a ensayar de la pieza por medio de un algodón limpio.

La aparición de puntos de aspecto blanco-lechoso indica la existencia de defectos en la película de cromo.

En términos generales se puede decir que se tiene una porosidad apropiada si en  $1 \text{ cm}^2$  el número de poros es mayor a 5. Aunque esta propiedad de porosidad de los recubrimientos metálicos, así como algunas otras se ponen de acuerdo tanto al cliente como al galvanotécnico.

## Corrosión. -

El metal base puede corroerse suficientemente como para debilitarse estructuralmente, pero por lo general las cubiertas galvánicas deben ser consideradas como completamente fuera de uso antes de que esto suceda.

La propiedad que determina el comportamiento del depósito electrolítico, es su susceptibilidad a la acción química, especialmente en la atmósfera, la cual contienen siempre agentes corrosivos como oxígeno, la humedad, el dióxido de carbono y cloruro de sodio (cerca de las costas). En realidad no son tanto las propiedades del depósito, sino sus relaciones con las propiedades del metal base, las que determinan el comportamiento del artículo tratado galvánicamente.

Los recubrimientos pueden actuar sobre el metal base de dos formas, una en la que los recubrimientos se corroen más rápidamente que el metal base, en cuyo caso protegen pequeñas áreas expuestas de éste último y la otra es en la que los recubrimientos se corroen más lentamente que el metal base en cuyo caso no evitan, sino que hasta aceleran la corrosión del metal base expuesta a través de cualquier poro del depósito.

Para pruebas de corrosión se pueden dividir en dos:

- pruebas de exposición en el exterior
- pruebas aceleradas

Pruebas de exposición en el exterior. - Estas pruebas son de exposición atmosférica para los depósitos

electrolíticos, las pruebas de este tipo son útiles para observar los comportamientos reales de los depósitos de espesor conocido, que son sometidos a condiciones marinas, industriales, urbanas y rurales, pero por desgracia estos resultados, debido a que pueden influir en la exposición atmosférica, deben considerarse solo como una guía en la selección o especificación de los recubrimientos.

Los resultados obtenidos mediante pruebas de exposición atmosférica sobre hierro pueden darnos la siguiente información:

1) El valor de protección del níquelado depende de su espesor. Un espesor promedio de cuando menos 0.013 mm se requiere para proporcionar una buena protección bajo condiciones de intemperismo medio y cuando menos 0.025 mm bajo condiciones severas.

2) La presencia de una capa de cobre, ya sea próxima al hierro o entre dos capas de níquel, reduce el valor protector de los depósitos de níquel en condiciones a la intemperie severas. El pulido de la capa de cobre aumenta su valor de protección.

3) Un depósito muy delgado de cromo (menor 0.00001 pulg) sobre el níquel, puede reducir su valor protector. Los depósitos de cromo de unos 0.00002 pulg. de espesor añaden muy poco el valor protector, pero incrementan la resistencia a la opacidad de la superficie.

Las pruebas de exposición atmosférica de recubrimientos galvánicos sobre cobre y bronce nos dan la siguiente información:

1) Se proporciona un grado determinado de protección mediante un niquelado más delgado que el utilizado para el hierro o el acero. Esto probablemente debido a una resistencia mayor del bronce expuesto a la corrosión, y no a una porosidad menor del depósito.

2) Los recubrimientos de cromo de más de 0.0003 pulg. de espesor aplicados sobre un espesor de 0.0002 pulg. de níquel sobre bronce, muestran una marcada tendencia a fisurarse, dando como consecuencia la corrosión del bronce.

3) Los resultados no se ven mayormente afectados por la composición del bronce. De hecho, el bronce al níquel, con 18% de níquel, requieren aproximadamente tanto níquel y cromo para su completa protección como puede necesitar el bronce amarillo.

Pruebas aceleradas.- El lapso tan prolongado de tiempo y el gasto considerable requeridos para las pruebas atmosféricas, nos hacen desear la existencia de pruebas aceleradas, con el fin de obtener períodos cortos, quizá hasta menores de 24 horas, obteniendo resultados tan buenos como los encontrados bajo las condiciones reales.

Esta aceleración puede obtenerse solamente utilizando condiciones más severas, digamos soluciones más corrosivas, temperaturas más elevadas o factores a la intemperie más drásticas de las que existen en forma natural.

Mencionaremos dos de los métodos más recomendados para la prueba de corrosión acelerada para depósitos

electrolíticos.

Ensayo Corrodokote.- El método se basa en aplicar sobre el objeto a ensayar una mezcla corrosiva especial. Una vez seca la mezcla corrosiva se somete el objeto durante un tiempo determinado a la acción de una atmósfera caliente y húmeda.

La composición de la mezcla corrosiva es:

Cloruro de amonio	20 gr/lit
Cloruro férrico	3 gr/lit
Nitrato de cobre	1 gr/lit

Las muestras una vez que son desengrasadas con una mezcla de alcohol y éter (partes iguales), se les cubre con un pincel, una capa de mezcla corrosiva y se dejan secar durante una hora a temperatura ambiente en una atmósfera de humedad relativa inferior a 50%.

Una vez secas las muestras se introducen en una estufa con circulación de aire a temperatura de 36 a 39°C y una humedad relativa de 80 a 90%

El tiempo de permanencia en la estufa a estas condiciones será de 20 hr sin interrupción, de ser necesario se repetirán ciclos de 20 hr cada uno, esto será dependiendo del espesor.

Ensayo a la niebla salina.- Este método se basa en exponer el objeto que se ensaya en una cámara a temperatura constante, a la acción de una niebla de una solución de cloruro sódico, por medio de un pulverizador, que es el que forma la niebla, hay que

tener precaución para que la acción del chorro de niebla no sea directa sobre el objeto.

La composición de la solución salina debe ser: de una solución de cloruro sodico al 5% en agua destilada.

Las piezas se recomiendan que tambien sean desengrasadas en la mezcla de alcohol-éter (1:1).

Las muestras se suspenderán en el interior de la cámara mediante hilos de plástico u otro material o soporte no conductor y se mantendrán expuestas a la acción de la niebla durante 18, 36, 96 hr a una semana según el espesor de la película.

#### Adherencia.-

La adherencia de un recubrimiento electrolítico es una importante medida de su capacidad de servicio, pero también para esta prueba es difícil contar con métodos precisos, por lo cual solo se emplean métodos cualitativos.

Ensayo de chorro térmico.- Los objetos recubiertos se calientan en un horno eléctrico durante 1 hr a las temperaturas siguientes con  $\pm 5^{\circ}\text{C}$  de tolerancia:

Objetos de acero	350°C
Objetos de cobre o sus aleaciones	250°C

A continuación se introducen en agua que esté a 20°C  $\pm 5^{\circ}\text{C}$ , no debe apreciarse separación del recubrimiento.

Ensayo de corte del recubrimiento.- En tres lugares del objeto y mediante un objeto cortante de carburo de wolframio se efectúa el corte del recubrimiento formando un reticula de 15 mm X 15 mm, de modo que los trazos paralelos estén separados 3 mm uno del otro, ver Fig. 8.6. No debe producirse ningún levantamiento ni desprendimiento de la película electrolítica.

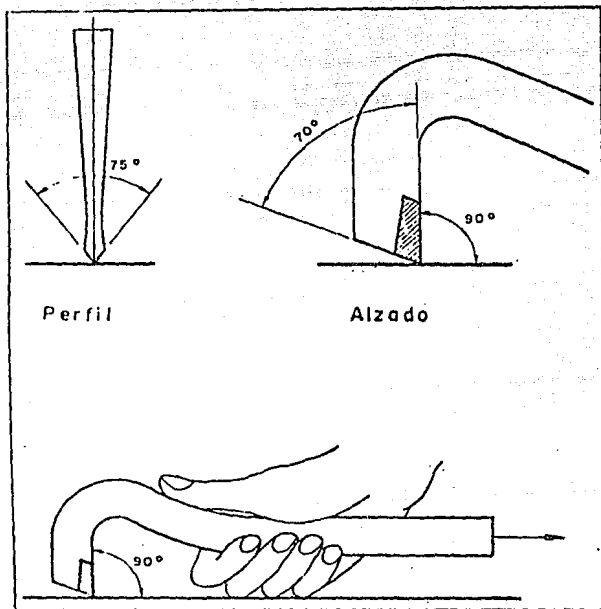
Ensayo de limado.- Se lima una de las aristas del objeto protegido, hay que cuidar que la lima se desplace perpendicularmente al plano bisector del ángulo diedro comprendido entre los dos planos cuya intersección constituya una arista considerada de modo que en su acción la lima tienda a arrancar el recubrimiento electrolítico, ver Fig. 8.7.(a).

Moviendo la lima siempre en el mismo sentido, la operación de limado se prolongará hasta la aparición del metal base.

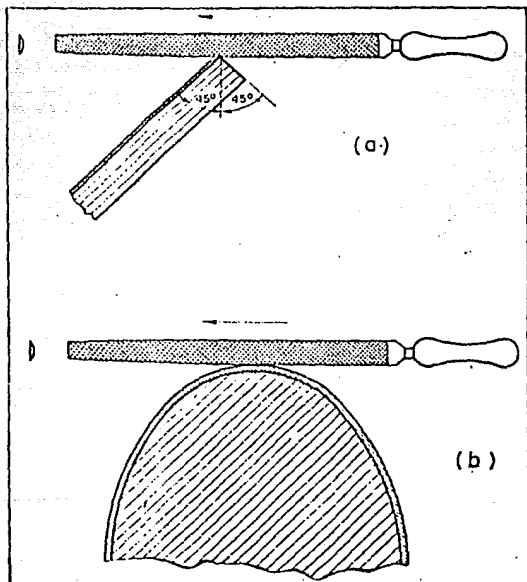
Repitiendo el ensayo en tres lugares diferentes, no se debe apreciar en ningún caso levantamiento o desprendimiento de la película. Un ensayo similar se podrá hacer para muestras de superficie convexa, entonces la lima se desplazará en un plano tangencial a la muestra, cuidando que este desplazamiento se haga siempre en el mismo sentido hasta la aparición del metal base, ver Fig. 8.7.(b).

Ensayo del plegado.- La superficie a ensayar se plegará varias veces con un ángulo de  $180^{\circ}$  hasta la rotura del objeto. Una vez roto el metal base nos será posible, con ayuda de un instrumento afilado, arrancar





EMPLEO DE UN OBJETO CORTANTE PARA EFECTUAR EL CORTE DEL RECUBRIMIENTO.



EMPLEO DE UNA LIMA PARA LA COMPROBACION DE LA ADHERENCIA DE UN DEPOSITO EN SUPERFICIE PLANA (a); Y EN SUPERFICIES CONVEXAS (b).

algún trozo apreciable de la película electrolítica.

A continuación se señalan las más importantes causas y defectos en la deposición electrolítica de recubrimientos, así como las medidas a tomar para suprimirlos. Aunque ésta relación no es completa servirá, sin embargo, en muchos casos como una primera enseñanza para vencer las dificultades de fabricación. Es preciso manifestar expresamente que, en muchos casos los defectos no tienen su origen en composiciones erróneas del baño o en las impurezas del mismo, sino en la limpieza deficiente o intensidades de corriente inadecuadas.

Donde D = defecto; C = causa; S = posible solución.

#### RECUBRIMIENTOS DE NIQUEL. -

D. - No se obtienen ningún depósito o éste es muy deficiente.

- C. - Falta de contacto.

S. - Revisión de contactos y conexiones de corriente.  
Limpieza de los contactos.

- C. - Polaridad incorrecta.

S. - Comprobar la polaridad con reactivos de polos.  
Conectar los objetos al polo negativo del generador.

- C. - Contaminación con cromato, cianuro, exceso de peróxido de hidrógeno, contenido de nitrato o persulfato.

S. - Continuar con baja densidad de corriente, eventualmente tras acidular, calentar 1 hr a 90°C.

- D. - Recubrimiento irregular o puntos sin cubrir.
  - C. - Poco poder penetrante.
  - S. - Disminuir la distancia de los cátodos y ánodos hasta 30 cm. Utilización de ánodos auxiliares.
  - C. - Escasez de contenido de sal metálica.
  - S. - Añadir sal metálica para reforzar el baño.
  - C. - Exceso de ácido.
  - S. - Regulación del pH correcto.
  - C. - Desengrase y decapado deficientes.
  - S. - Vigilancia del baño de desengrase y decapado.
  - C. - Mala conductividad del electrolito.
  - S. - Añadir sal conductora.
  
- D. - Depósito demasiado lento.
  - C. - Poca intensidad de corriente.
  - S. - Limpieza de los contactos.
  - C. - Anodos pasivados.
  - S. - Aumento de la densidad de corriente. Limpieza de los ánodos, examen del pH. Aumentar el contenido de cloruro.
  
- D. - Picaduras.
  - C. - Agitación insuficiente.
  - S. - Dar la agitación apropiada.
  - C. - Exceso de acidez.
  - S. - Añadir un agente oxidante, (agua oxigenada o ácido nítrico).
  
- D. - Poros.
  - C. - Bajo contenido de sal metálica.
  - S. - Añadir sal para reforzar.
  - C. - Burbujas adheridas, impurezas sólidas.
  - S. - Añadir detergente o peróxido de hidrógeno.

Regulación del pH correcto. Agitación por inyección de aire, movimiento de los objetos, filtrar; envolver los ánodos en fundas.

D. - Recubrimientos ásperos o granulados.

- C. - Defecto en el metal base. (grietas, poros, escorias).
- S. - Pulir mejor, poner película intermedia de cobre.
- C. - Baño impurificado por partículas en suspensión.
- S. - Envolver los ánodos en fundas.
- C. - Exceso de densidad de corriente.
- S. - Reducir la densidad de corriente, agitación del electrolito. Aumentar la superficie catódica.

D. - Recubrimientos rugosos.

- C. - Contaminación por materia en suspensión.
- S. - Envolver los ánodos en fundas.
- C. - Altas densidades de corriente.
- S. - Reducir la densidad de corriente, agitación en el baño.

D. - Recubrimiento mate.

- C. - pH erróneo.
- S. - Regular el pH.
- C. - Exceso de cloruro.
- S. - Añadir sulfato de níquel.
- C. - Exceso de densidad de corriente.
- S. - Reducir la corriente, o aumentar la superficie catódica.

D. - Recubrimientos frágiles.

- C. - Contaminación de materia orgánica.
- S. - Filtrar con carbón activado.

D. - Color defectuoso.

a) Franjas negras o negro.

- C. - Baño contaminado por cinc.

S. - Hervir con carbonato sódico, filtrar, regular el pH o trabajar durante algunas horas con  $0.5 \text{ A/dm}^2$ .

b) Amarillento.

- C. - pH excesivo.

S. - Neutralizar hasta el pH correcto.

- C. - Baño contaminado por materia orgánica.

S. - Filtrar con carbonato activado.

c) Oscuros.

- C. - Baño contaminado con cobre.

S. - Funcionar varias horas con  $0.2 \text{ A/dm}^2$ .

D. - Depósito resquebrajado y con hoja.

- C. - Exceso de absorción de hidrógeno en el desengrase electrolítico.

S. - Desengrase más breve, eventualmente renovar el baño.

- C. - Exceso de acidez o alcalinidad.

S. - Corregir el pH.

- C. - Exceso de concentración de materias orgánicas (cabrillantadores).

S. - Hervir con peróxido de hidrógeno o peróxido de sodio; filtrar con carbón activado.

- C. - Baño contaminado por metales extraños (hierro).

S. - Hervir el baño con carbonato sódico, filtrar y regular correctamente el pH.

D. - Mala adherencia; pero recubrimiento normal.

- C.- Mal desengrase capa de óxido.
- S.- Desengrasar hasta eliminar la grasa por completo.  
Decapar en ácido. Lavar en ácido sulfúrico diluido, después del tratamiento alcalino.
- D.- Depósito foliado.
- C.- Interrupción de corriente, extracción de los objetos fuera del baño durante la galvanización.
- S.- Revisar los conductores y contactos; no sacar los objetos del baño durante la galvanización.

#### RECUBRIMIENTOS DE CROMO. -

- D.- El depósito se verifica demasiado lento.
- C.- La temperatura del baño es demasiado elevada.  
La densidad de corriente excesivamente pequeña o demasiado elevada.
- S.- Verificar condiciones de operación del baño.
- C.- El contenido del ácido activador es excesivo.
- S.- Precipitar el ácido con carbonato de bario.
- C.- Los conductores de corriente son demasiado débiles.
- S.- Reforzarlos.
- C.- Contactos sucios.
- S.- Limpiar.
- C.- La película inicial es insuficiente.
- S.- Renovar.
- C.- Las piezas sirven de pantalla unas a otras por ser la distancia entre ellas demasiado pequeñas.
- S.- Aumentar la distancia.
- C.- Disminución de la corriente por incrustación en el ánodo.

- S. - Separar las incrustaciones con cepillos o rasquetas, teniendo especial cuidado con los contactos de corriente.
  
- D. - El depósito se forma muy lentamente en la parte superior de las piezas.
  - C. - Las piezas no están sumergidas suficientemente.
  - S. - Sumergirlas 5-10 cm por debajo del nivel del baño.
  
- D. - El depósito es lechoso y blando.
  - C. - Temperatura del baño demasiado elevada. Densidad de corriente insuficiente.
  - S. - Verificar condiciones de operación del baño.
  
- D. - Recubrimiento quemado.
  - C. - Exceso de densidad de corriente.
  - S. - Verificar condiciones de operación del baño.
  
- D. - El depósito es frágil y se agrieta.
  - C. - La temperatura del baño es baja.
  - S. - Verificar condiciones de operación del baño.
  - C. - La pieza está demasiado endurecida.
  - S. - Recocer en baño de aceite.
  - C. - La pieza fue recalentada excesivamente.
  - S. - Mejorar la refrigeración del esmerilado.
  
- D. - El depósito es áspero, mate y arenoso.
  - C. - La temperatura del baño es demasiado baja y la densidad de corriente muy alta.
  - S. - Verificar condiciones de operación del baño.
  - C. - El contenido de ácido activador o metal es muy pequeño.



- S. - Agregar sal reforzadora ( $\text{CrO}_3$ ) o ácido activador.
- C. - El electrolito está contaminado por hierro.
- S. - Aislar el recipiente del baño contra circuitos a tierra y a los ánodos. Regenerar el electrolito diluyéndolo y reforzándolo.
- C. - El electrolito contiene cromo trivalente en exceso.
- S. - Aumentar la superficie anódica; separar las incrustaciones del ánodo.
- C. - El material base es poroso.
- S. - Esmerilar hasta que desaparezcan los poros y quede liso.
- C. - Inclusiones de grafito por templado inconveniente.
- S. - Tener en cuenta las prescripciones del temple.
- C. - Partículas coloidales en suspensión por materias aislantes inapropiadas.
- S. - Emplear para el aislamiento solamente materias plásticas insolubles en el baño de cromo.
  
- D. - Formación de botones o verrugas en el cromo depositado.
- C. - La ligera formación de botones es inevitable en las capas de gran espesor.
- S. - No agitar los sedimentos del fondo.
- C. - Los botones o verrugas gruesas, se deben al empleo de ánodos inadecuados.
- S. - Emplear plomo duro o ánodos especiales.
  
- D. - Orificios o huecos esféricos en el recubrimiento.
- C. - El material base es poroso.
- Burbujas de hidrógeno adheridas.
- S. - Esmerilar y quitar los poros. Evitar la fijación

del hidrógeno por medio de dispositivos de suspensión contruídos con perfección; en casos de necesidad, girar, elevar o sumergir las piezas en el baño.

D. - El depósito, en la parte inferior de la pieza, es áspero y granuloso.

- C. - La pieza está demasiado sumergida; el hidrógeno arrastra hacia arriba los sedimentos.

S. - Mantener una distancia al fondo del recipiente, de 10 a 20 cm.

D. - Formación de abultamientos en los bordes y esquinas.

- C. - Densidad de corriente excesiva en estos puntos.

S. - Pantallas de alambre: repasar los cantos según las posibilidades, antes del cromado.

D. - El depósito forma hojas.

- C. - El material base es muy aleado.

Pieza sobretemplada.

S. - Adaptar otra preparación. Quedar por debajo de la dureza usual 4-5 unidades Rockwell y recocer en baño de aceite.

D. - El recubrimiento se deshoja.

- C. - Desengrase insuficiente.

S. - Prolongar el tiempo de desengrase o elevar la tensión del baño de desengrase electrolítico y prestar mucha atención al lavado.

- C. - Decapado electrolítico demasiado breve; la prolongación del decapado deja una superficie rica en grafito.

- S. - Duración del decapado electrolítico: 20 seg hasta 1 min.
  
- D. - El recubrimiento se deshoja al pulir.
  - C. - La velocidad de pulido es excesiva.
  - S. - Cuidar de una buena refrigeración.
  - C. - El disco es muy duro.
  - S. - Emplear disco de dureza media.
  
- D. - El recubrimiento se deshoja al pulir en anillos o escamas.
  - C. - Corriente interrumpida durante el cromado.
  - S. - Si la interrupción es larga atacar anódicamente o descromar y cromar de nuevo.
  - C. - Grandes oscilaciones de temperatura o densidad de corriente en el cromado.
  - S. - La temperatura y la densidad de corriente deben ser constantes.
  
- D. - Los bordes y esquinas se rompen al esmerilar.
  - C. - El depósito es quebradizo en los bordes y esquinas por una excesiva densidad de corriente.
  - S. - Pantallas de alambre: repasar los bordes.
  
- D. - Posteriormente aparecen en el recubrimiento resquebrajaduras y desprendimientos.
  - C. - El material base templado es excesivo.
  - S. - Eliminar las tensiones de temple antes del cromado por recocido en baño de aceite.
  
- D. - Elevación de tensión y disminución de corriente en el cromado interno.
  - C. - La sección en el ánodo interno es insuficiente.

- S. - Aumentar según posibilidades, la sección y mantenerla hasta rebasar el nivel del baño.
- C. - Incrustaciones que impiden el paso de la corriente como consecuencia del material inapropiado para el ánodo.
- S. - Emplear solo aleaciones especiales o plomo puro en los ánodos.
- D. - El poder penetrante del baño decrece.
- C. - El contenido de hierro en el baño es excesivo.
- S. - Diluir el electrolito y agregar ácido crómico; si el contenido en hierro es muy excesivo, renovar el baño.

#### RECUBRIMIENTOS DE COBRE. -

##### Baños Cianurados de Cobre.

- D. - No se produce ningún depósito en el baño de cianuro.
- C. - Exceso de cianuro.
- S. - Compensación del exceso añadiendo cianuro cuproso CNCu.
- D. - Mohos en el baño ácido de cobre.
- S. - Añadir formaldehído o fluoruro sódico y filtrar.
- D. - Recubrimiento esponjoso en el baño de cianuro.
- C. - Excesiva densidad de corriente.
- S. - Reducir la densidad de corriente.

- D. - Recubrimiento con burbujas en el baño de cianuro.
  - C. - Excesiva cantidad de cianuro.
    - S. - Añadir CNCu.
  - C. - pH demasiado bajo.
    - S. - Elevar el pH a 12.2-12.8.
  - C. - Pasividad del metal.
    - S. - Mordentar con ácido nítrico 1:3 antes del galvanizado.
  
- D. - Color apagado, oscuro en el baño de cianuro.
  - C. - Escasez de CNNa.
    - S. - Añadir.
  - C. - Impurezas de plomo.
    - S. - Evitar los recipientes de plomo. Precipitar el plomo con cobre pulverizado y filtrar.
  
- D. - Depósito de cobre quemado.
  - C. - Exceso de carbonato sódico.
    - S. - Disminuir el carbonato sódico.
  
- D. - Incrustaciones en el ánodo que no se disuelven durante la noche cuando el baño no funciona.
  - C. - Escasez de cianuro sódico.
    - S. - Añadir 3-5 gr/lit de cianuro sódico.
  
- D. - Recubrimiento de color apagado, oscuro.
  - Incrustaciones grises o gris-verdosas en el ánodo.
    - C. - Superficie anódica demasiado pequeña.
      - S. - Reducir la superficie de los objetos o aumentar la del ánodo.
    - C. - Escasez de CNNa.
      - S. - Agregar.
    - C. - Sulfato en el baño.

- S. - Diluir el electrolito y añadir sal doble de cobre.
  
- D. - Recubrimientos rayados, manchados o estructura cristalina basta: algunas veces, puntos en el recubrimiento.
  - C. - Escasez de  $\text{NaHSO}_3$
  - S. - Añadir.
  - C. - pH demasiado bajo.
  - S. - Corregir el pH añadiendo  $\text{NaOH}$ .
  
- D. - Poros en el recubrimiento.
  - C. - Exceso de carbonato.
  - C. - pH demasiado bajo.
  
- D. - Exfoliación del recubrimiento.
  - C. - Exceso de  $\text{CNNa}$ .
  - S. - Agregar cianuro cuproso.
  - C. - El baño está demasiado frío.
  - S. - Elevar la temperatura a  $20^\circ\text{C}$  como mínimo.

#### Baños Ácidos de Cobre.

- D. - Recubrimiento áspero, cuerpos extraños introducidos en la masa.
  - C. - El baño está sucio por materia en suspensión.
  - S. - Filtrar.
  - C. - Densidad de corriente demasiado alta.
  - S. - Aplicar la densidad de corriente debida.
  - C. - Baño demasiado frío.
  - S. - Elevar la temperatura  $25^\circ\text{C}$ .
  - C. - El baño contiene impurezas orgánicas (mohos).

- S. - Añadir agua y llevar a ebullición; agregar formaldehído o  $\text{Na}_3\text{F}_2$ . Después filtrar.
  - C. - pH excesivo.
  - S. - Acidular con  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .
- D. - Recubrimientos resquebrajados (esponjosos) o quebradizos.
- C. - Densidad de corriente excesiva.
  - S. - Aplicar la densidad de corriente debida.
  - C. - El baño contiene impurezas orgánicas.
  - S. - Añadir agua y llevar a ebullición o agregar formaldehído o  $\text{Na}_3\text{F}_2$ . Después filtrar.
  - C. - Contaminación por arsénico.
  - S. - Preparar nuevo electrolito.
- D. - Recubrimientos demasiado blandos.
- C. - pH excesivo.
  - S. - Acidular con  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .
  - C. - Temperatura excesiva del baño.
  - S. - Enfriar.
- D. - Formación de verrugas en los bordes.
- C. - Distancia entre electrodos demasiado pequeña.
  - S. - Aumentar la distancia.
  - C. - Densidad de corriente excesiva.
  - S. - Disminuir la densidad de corriente.
- D. - Difusión defectuosa en los huecos.
- C. - pH excesivo.
  - S. - Añadir ácido sulfúrico.
  - C. - Distancia entre electrodos pequeña.
  - S. - Aumentar la distancia.

D. - No hay paso de corriente a 15-20°C.

- C. - Anodos pasivos.

S. - Aumentar la temperatura; raspar los ánodos y eventualmente reducir la densidad de corriente.



## CONCLUSIONES.

En este trabajo se presentaron tres de los procesos más importantes en la industria de la galvanotecnia (Niquelado, Cobrizado y Cromado), mostrando las etapas de pretratamiento y electrodeposición de mayor interés comercial; asimismo se analizaron los factores que influyen en estos procesos; se mostró el equipo y los accesorios más empleados, tanto a nivel industrial como a nivel artesanal ó de laboratorio; se indicaron las pruebas más importantes a las que se deben someter los recubrimientos obtenidos para determinar su calidad y también se habla acerca del control y análisis de los baños electrolíticos. Todo esto tratando de utilizar un lenguaje sencillo y buscando que esta información este al alcance de toda persona dedicada al área de la galvanotecnia, ó bien que se inicia en ella, considerando que puede tratarse desde un obrero ó artesano, hasta un técnico, profesionalista o estudiante, que ya han trabajado con esta técnica de una forma empírica ó basada en la experiencia que se han formado a lo largo de los años.

Por otra parte, si contemplamos el hecho de que actualmente nuestro país se está enfrentando a la fuerte competencia que significa la apertura comercial (desde 1986), con la entrada de miles de productos extranjeros, así como el disponer de materiales de mejor calidad; vemos la fuerte necesidad que tienen, tanto el industrial a gran escala como los talleres y las escuelas, en actualizarse y mejorar la calidad de los productos y en este caso, de un recubrimiento, esto va a tener beneficios tales como son; el evitar la pérdida del

objeto por corrosión, disminuir el desgaste y deterioro prematuro, manteniendo la estética del objeto.

Como parte de todo esto se hace énfasis en la importancia que tienen el tratamiento previo de la superficie y el análisis y control de los baños electrolíticos, puesto que son estas etapas las determinantes en la calidad final del recubrimiento, y por tanto en su durabilidad, resistencia y apariencia. Este manual ofrece información básica de todos los factores que influyen en la obtención de recubrimientos por la vía de un electrodeposito.

## GLOSARIO

- A -

**ABRILLANTADOR.** (agente).- Mezcla de diferentes cuerpos químicos, cuya adición permite dar al electrodepósito un aspecto brillante independientemente del aspecto previo de la superficie subyacente. Agente aditivo que ocasiona la formación de un depósito brillante, lo que mejora la brillantez del mismo, la que no se lograría sin su empleo.

**ACABADO** (en el sentido de tratamiento de superficies).- Operación de fin de tratamiento químico, electroquímico o por cualquier otro medio, destinado a conferir un aspecto particular a la pieza tratada.

**ACABADO DE TAMBOR** (o tamboreado).- Tratamiento de las piezas en tambores giratorios en presencia de partículas abrasivas, que pueden estar suspendidas en agua o en alguna solución especial, con el propósito de mejorar el acabado de la superficie.

**ACUMULACION.**- Sobrerrecubrimiento o engrasamiento indeseable del depósito en esquinas u orillas durante el proceso.

**ADHERENCIA** (de un depósito).- Es la propiedad de un depósito de permanecer ligado a la superficie sobre la que ha sido depositado, a pesar de los esfuerzos hechos por separarlo.

**AGENTE ADITIVO** o **DE ADICION.**- Compuesto de naturaleza química agregado a un baño galvánico, que no tiene nada que ver con el metal a depositar, y que

añadidos en pequeñas cantidades al electrolito producen modificaciones de aspecto y de la estructura cristalina, e influye en una o varias características del electrodeposición. Ej. abrillantadores, humectantes, etc.

**ADITIVO DE SUPERFICIE.** - Sustancia coloidal o soluble que tiene la propiedad de afectar en forma señalada la energía de la superficie de las soluciones aun cuando se encuentre presente en concentraciones muy bajas.

**Dispersante.** - Sustancia que aumenta la estabilidad de una suspensión retardando la floculación.

**Humectante.** - Una sustancia que reduce la tensión de la superficie de un líquido haciendo que éste se extienda con mayor facilidad sobre una superficie sólida.

**AISLANTE.** - Que no conduce la electricidad o el calor (los aislantes son cuerpos cuya resistencia eléctrica es lo suficientemente grande como para que se les pueda utilizar como conductores). Ej. de aislantes eléctricos: caucho, resina, azufre; aislantes calóricos: lana de roca, lana de vidrio, corcho expandido, poliuretano.

**AGUA DURA.** - Agua que contiene iones de calcio o de magnesio en solución, los cuales forman con los jabones cuajos insoluble.

**ALEACION.** - Sustancia, que tiene propiedades metálicas, compuestas de dos o más elementos de los cuales uno por lo menos es un metal.

**AMPERE.** - La corriente que depositará plata a una proporción de 0.0011180 gr/seg. Corriente que fluye a la proporción de un culombio/seg.

**ANALISIS GRAVIMETRICO.** - Un método de análisis que consiste en separar cuantitativamente un constituyente pesado con anterioridad y convertirlo en un compuesto de composición conocida, el cual se pesa para determinar el porcentaje del constituyente en la muestra original.

**ANGULO DE REPOSO.** - El ángulo de mayor declive en el que una acumulación de cualquier material sólido suelto se detendrá sin resbalar.

**ANION.** - Ion cargado negativamente.

**ANODO.** - Electrodo en el que entra la corriente, o salen los electrones, de la solución; el electrodo positivo en electrólisis, electrodo en el que son descargados los iones negativos, se forman los iones positivos, o en el que ocurren otras reacciones oxidantes.

**ANODO INERTE.** - Anodo que es insoluble en el electrolito bajo condiciones obtenidas en la electrólisis.

**APARICION DE MANCHAS.** - La aparición retardada de manchas y defectos sobre superficies recubiertas o acabadas.

**ARRASTRE EXTERNO.** - El agua o solución que se adhiere a los objetos extraídos de un baño.

**ARRASTRE INTERNO.** - El agua o solución que se adhiere a los objetos introducidos en el baño.

**BANO.** - Término impropio que significa solución o electrolito.

**BANO MATE.** - Una solución empleada para producir una superficie mate sobre un metal.

**BARRA CONDUCTORA.** - Sección conductora rígida, ordinariamente de cobre, para conducir corriente a las barras catódicas y anódicas.

**BASE (metal).** - Material sobre el que se depositan los recubrimientos.

**BOMBOS (en tratamiento de superficies).** - Aparatos en los cuales se introducen en masa las piezas a tratar, y se someten a rotaciones. Existen dos tipos de bombos:

- Bombos de pulir.
- Bombos electrolíticos.

Los bombos electrolíticos pueden ser:

- sumergidos,
- oblicuos,
- semisumergidos.

**BRILLANTE (electrodeposición).** - Calidad de un electrodepósito de presentar un aspecto exterior que posee un poder de reflexión de la luz, que se opone al aspecto mate. Este poder no tiene nada en común con el pulido, cuyo fin es igualar las superficies, y que conduce a una superficie uniformemente brillante, por supresión de defectos de aspecto tan débiles como sean.

NO HAY HOLIA

150

**BRUNIDO.**- Alisado de superficies por medio de una herramienta u objeto duro, especialmente frotando.

**En tambor.**- Alisamiento y abrillantamiento de superficies por medio del movimiento de las piezas en tambores giratorios en presencia de formas metálicas o de cerámica y en ausencia de abrasivo. En el bruffido por bolas, las formas consisten en bolas de acero endurecido.

**Por bolas.**- Proceso de bruffir por medio de bolas de metal u otras formas metálicas especiales en un recipiente giratorio.

- C -

**CAPA O CHAPA DE ALEACION.**- Sustancia aplicada sobre otra. Electrodeposición que contiene dos o más metales tan íntimamente mezclados o combinados que no se les distingue a simple vista.

**CATION.**- Ion cargado positivamente.

**CATODO.**- Electrodo a cuyo través sale la corriente, o entran los electrones en, de la solución; el electrodo negativo en la electrólisis. El electrodo en el que son descargados los iones positivos, se forman los iones negativos, u ocurren otras reacciones reductoras. En el electrorrecubrimiento, el electrodo que recibe el depósito.

**CELDA ELECTROLITICA.**- Aparato diseñado para llevar a



cabo una reacción electroquímica; incluye un recipiente, dos o más electrodos y uno o más electrolitos.

**CELDA GALVANICA.** - Celda electrolítica capaz de producir energía eléctrica por medio de la acción electroquímica.

**CIANURO LIBRE.** - (1) Verdadero: la concentración real de radical de cianuro (o cianuro alcalino equivalente) no combinado en iones complejos con metales en solución. (2) Calculado: la concentración de cianuro (o cianuro alcalino) presente en solución en exceso de la calculada como necesaria para formar un ion complejo especificado con un metal (o metales) presente en solución.

(3) Analítico: el contenido de cianuro libre de una solución, determinada por un método analítico especificado. El valor "verdadero" del cianuro libre es raramente conocido con certeza y, por lo tanto, se le trata de ordinario en discusiones sobre teoría. En trabajos más prácticos se utiliza de ordinario el valor "calculado" o "establecido".

**Total:** El contenido total de cianuro expresado como el radical ( $CN^-$ ) o cianuro alcalino si está presente en la forma de iones simples o complejos. La suma del cianuro combinado y el libre, contenidos en una solución.

**CONDUCTORES ELECTRICOS.** - Cuerpos que dejan pasar la corriente eléctrica. Existen dos clases de conductores. Los de primera clase dejan pasar la corriente sin sufrir modificaciones químicas: los metales, las aleaciones metálicas... Los conductores de segunda clase son los ácidos, las bases, las sales fundidas o disueltas, que sufren modificaciones químicas durante el paso de la

corriente. La conducción de estos últimos está ligada a un desplazamiento de materia y a descomposiciones químicas.

CONDUCTANCIA.- Lo recíproco de la resistencia, medida por la relación del flujo de la corriente a través de un conductor con la diferencia entre sus extremos.

CONDUCTIVIDAD.- conductividad específica.- Cantidad de electricidad transferida a través de una unidad de área por unidad de gradiente de potencial por unidad de tiempo. En el sistema métrico,  $k = A/cm^2$  dividido entre voltios/cm.

CONSISTENCIA GELATINOSA.- Medida de la fuerza de los pegamentos y adhesivos similares; en una forma de prueba, la carga requerida para producir una depresión de 4 mm en la gelatina.

CORRIENTE ANODICA.- Corriente que atraviesa uno o más ánodos.

CORRIENTE ANODICA (densidad medida de).- Es la cantidad de corriente que atraviesa un ánodo de una superficie de un  $dm^2$  y definida por una superficie lo más próxima a la ideal: es decir, una esfera del mismo material que el ánodo.

CORRIENTE CATODICA.- Corriente que atraviesa uno o más cátodos.

CORRIENTE CATODICA (densidad medida de).- Es la

cantidad de corriente que atraviesa un cátodo de una superficie de un  $\text{dm}^2$  y definida por una superficie lo más próxima a la ideal: es decir, una esfera pulida conductora.

**CORRIENTE ELECTROLITICA.** - Cantidad de corriente que atraviesa una celda electrolítica.

**CORROSION.** - Es el término que define el ataque de un material por un medio: sólido líquido o gaseoso, en el cual se encuentra. (De ánodos en galvanostegia) Solución del metal del ánodo por la acción electroquímica en la celda galvánica.

**CROMAR.** - Empleado algunas veces con el significado de cubrir con cromo.

**CROMO DURO.** - Recubrimiento con cromo para aplicaciones de ingeniería, más bien que para aplicaciones decorativas. No es necesariamente más duro que éste último.

**CULOMBIO.** - Cantidad de corriente eléctrica producida por un amperio durante un segundo, dicho de otra forma y volviendo a la definición de amperio, cantidad de corriente que depositará 1.118 mg de plata por su paso en una solución adecuada de sal de plata, considerando que el rendimiento catódico del electrolito sea del 100%.

$$C \text{ (culombios)} = I \text{ (amperios)} \times T \text{ (segundos)}.$$

DECAPAR (un metal).- Efectuar una acción que tiene por fin limpiar una superficie metálica removiendo de óxido u otros compuestos que la recubren, por medio de un decapador.

Anódico: Decapado electrolítico en el que el metal a tratar se hace ánodo.

Catódico: Proceso electrolítico en el que el metal a tratar se convierte en cátodo.

Electrolítico: Procedimiento de decapado durante el cual se hace pasar una corriente entre el metal y el decapador.

DECAPADOR.- Solución ácida que se emplea para remover óxidos u otros compuestos de una superficie de metal por medio de una acción química o electroquímica.

DENSIDAD DE CORRIENTE.- Cantidad de corriente por unidad de superficie determinada que atraviesa un punto o un lugar determinado de un electrodo.

DEPOSITO.- Ver capa.

DEPOSITO COMPLEJO.- Electrodeposición que consiste de dos o más capas de metales depositados en forma separada.

Quemado: Depósito áspero, no coherente o poco satisfactorio, producido por la aplicación de una densidad de corriente excesiva y que contiene de ordinario óxidos u otras inclusiones.

DEPOSITO ELECTROLITICO O ELECTRODEPOSITO.- Capa

obtenida por vía electrolítica.

O

Consecuencia del paso de una corriente eléctrica apropiada en un electrolito.

DESENGRASAR (un metal).- Efectuar una acción que tiene por fin limpiar una superficie metálica removiendo la grasa y aceites que la recubren.

Por disolvente: Desengrasado por inmersión en un disolvente orgánico líquido.

Por vapor: Desengrasado por medio de vapores disolventes que se condensan en las partes que se limpian.

DESOXIDAR.- Acción de quitar el óxido de una superficie de hierro. Puede hacerse por acción química en soluciones ácidas; electrolíticas; anódicamente; por proyección o impregnación (soluciones o pastas) o mecánicamente: chorreado, granallado.

DESOXIDAR (un superficie metálica).- Eliminar el, o los, óxidos de una superficie metálica.

DESPOLARIZACION.- Disminución en la polarización de un electrodo. El cambio de una polarización excesiva a una condición normalmente polarizada.

DETERSIVO O DETERGENTE.- Producto limpiador.

DETERGENTE.- Agente activador de superficies que posee la habilidad de limpiar superficies sucias.

Aniónico: Detergente que produce agregados de iones cargados en forma negativa con propiedades coloidales.

Catiónico: Detergente que produce agregados de iones

cargados positivamente con propiedades coloidales.  
Iniónico. - Detergente que produce agregados de moléculas eléctricamente neutrales con propiedades coloidales.

DIELECTRICO. - Sustancia aislante eléctricamente. Un medio que tiene la propiedad de hacer que la energía requerida para establecer un campo eléctrico sea recuperable, en todo o en parte, como energía eléctrica.

DIFERENCIA DE POTENCIAL. - Se define por el cociente de la potencia eléctrica disponible entre dos puntos de un circuito eléctrico por la intensidad de corriente.

$$\frac{W \text{ (vatios)}}{A \text{ (amperios)}} = V \text{ (vatios)}$$

DIODO. - Conjunto que no permite pasar más que en un sentido la corriente eléctrica alterna.

- E -

EFICIENCIA ANODICA. - Eficiencia de corriente de un proceso anódico especificado.

De energía: De un proceso electroquímico, es el producto de la eficiencia de la corriente por la eficiencia del voltaje.

ELECTRODEPOSICION. - Es el proceso que permite a una sustancia depositarse sobre un electrodo gracias a un fenómeno de electrólisis.

**ELECTRODEPOSITO.** - Es el depósito catódico obtenido por el paso de la corriente eléctrica en una celda electrolítica

**ELECTRODO.** - Sustancia conductora a través de la cual entra o sale la corriente eléctrica en una celda electrolítica, y a nivel de la cual los iones pierden su carga eléctrica.

De quinhidrona: Media celda con un electrodo de platino u oro en contacto con una solución saturada de quinhidrona ( $C_6H_4O_2 \cdot C_6H_4(OH)_2$ ).

De vidrio: Media celda en la que las medidas de potencial se hacen a través de una membrana de vidrio.

**ELECTROFORMACION.** - La producción o reproducción de artículos por electrodeposito sobre un molde que es subsecuentemente separado, total o parcialmente, del depósito.

**ELECTROLISIS.** - Producción de cambios químicos por el paso de corriente a través de un electrolito (1).

**ELECTROLITICA, limpieza.** - Véase limpieza.

**ELECTROLITO.** - (1) Medio conductor en el que el flujo de la corriente va acompañado por el movimiento de la materia. Con mayor frecuencia, una solución acuosa de ácidos, bases o sales, pero que incluye muchos otros medios, tales como sales fundidas, gases ionizados, algunos sólidos, etc. (2) Sustancia que cuando se disuelve en un disolvente (de ordinario agua) produce un medio conductor. En esta forma, la solución de un electrolito da un electrolito (1). El contexto

determinará de ordinario cuál es éste.

**ELECTROPULIDO.** - Mejoramiento en el acabado de la superficie de un metal que se efectúa haciéndolo anódico en una solución apropiada.

**ELECTRORRECUBRIMIENTO.** - El depósito electrolítico de una capa metálica adherente sobre un electrodo con el propósito de asegurar una superficie con propiedades o dimensiones diferentes a las del metal base.

Automático (1) Total: Proceso de recubrimiento totalmente mecánico en el que los cátodos son llevados automáticamente a través de tanques sucesivos de limpieza y recubrimiento. (2) Semi: Recubrimiento electrolítico mecánico en el que los cátodos son llevados automáticamente a través de un tanque galvánico solamente.

De aleación: Codeposición de dos o más metales.

**ELECTRORREFINACION.** - Proceso de disolver anódicamente el metal de un ánodo impuro y depositarlo catódicamente en una forma más pura.

**ELECTROTIPIA.** - La producción de placas de imprenta por electroformado.

**EMULSION.** - Suspensión de gotas pequeñas de un líquido en el que son insolubles. Para la formación de una emulsión estable, debe estar presente, de ordinario, un "agente emulsionante".

**ENGRUESADO.** - Electrorrecubrimiento con el propósito de aumentar las dimensiones de un artículo.



**ENJUAGUE.** - Pasar por agua corriente, lo que ya ha sido lavado.

**EQUIVALENTE ELECTROQUIMICO.** - El peso de un elemento, compuesto, radical o ion comprendido en una reacción electroquímica especificada durante el paso de una cantidad unitaria de electricidad, como: faradio, amperio-hora o culombio.

**ESMERILADO.** - La remoción de metal por medio de ruedas giratorias rígidas que contienen abrasivo.

- F -

**FARADAY, LEYES DE.** - (1) La cantidad de cambio químico producida por una corriente eléctrica es proporcional a la cantidad de electricidad. (2) Las cantidades de diferentes sustancias liberadas por una cantidad determinada de electricidad, son proporcionales a sus pesos químicos equivalentes.

**FARADIO.** - El número de culombios (98 490) requeridos para una reacción electroquímica que comprende un equivalente químico.

**F.E.M.** (fuerza electromotriz). - Un potencial eléctrico. Diferencia de potencial, tensión.

**FILTRO.** - Aparato que permite separar las partes sólidas en suspensión en un líquido. Un filtro se

caracteriza por su caudal por hora, por ejemplo, y por el tamaño de las partículas que retiene.

FLOCULAR.- Agregar en pedazos pequeños; aumentar en tamaño hasta el punto en que ocurra la precipitación.

- G -

GALVANIZACION.- Aplicación de un depósito de cinc comúnmente sobre acero o sobre un metal base ferroso.

Electro galvanización: Galvanizado por  
electrorrecubrimiento.

GALVANOPLASTIA.- Operación por la cual se deposita sobre un objeto cualquiera (en principio sirviendo de molde) una capa de metal gracias a la electrólisis de una solución que contiene una sal de este metal.

GALVANOQUIMICA.- Parte de la electroquímica que tiene por objeto el tratamiento de las superficies con ayuda de corriente continua.

GALVANOSTEGIA.- Industria de la galvanización.

INHIBIDOR.- Sustancia que reduce el grado de ataque de los ácidos sobre una superficie de metal mientras que no afecta el grado de solución de óxidos u otros compuestos de las superficies.

ION.- Atomo o grupo de átomos que ha perdido o ganado uno o más electrones adquiriendo, por lo tanto, una carga eléctrica neta.

JULIO.- Unidad de energía eléctrica o de trabajo, que corresponde a un gasto de un vatio-segundo. Es también el trabajo producido para transportar un culombio entre dos puntos que poseen una diferencia de potencial de un voltio.

JOULE, LEY DE.- Determina la producción de calor en un circuito eléctrico en función de su resistencia, de la intensidad y del tiempo; se define:

$$JQ = rI^2t$$

= julios calor = resistencia del círculo eléctrico en ohmios,

x intensidad que atraviesa el circuito en amperios,

x tiempo en segundos.

LAVADO.- Regar, bañar, limpiar con un líquido o agua.

LIMPIEZA.- Remoción de grasa u otra materia extraña de una superficie.

Alcalina: Limpieza por medio de soluciones alcalinas.

Anódica o inversa: Limpieza electrolítica en la que la pieza es el ánodo.

Catódica o directa: Limpieza electrolítica en la que la pieza es el cátodo.

Electrolítica: Limpieza alcalina en la que se hace pasar una corriente a través de la solución, siendo la pieza uno de los electrodos.

Emulsional: Limpieza por medio de soluciones que contienen disolventes orgánicos, agua y agentes emulsionantes.

Por disolvente: Limpieza por medio de disolventes orgánicos.

Por remojo: Limpieza alcalina, y por inmersión sin empleo de corriente.

Ultrasónica: Limpieza por cualquier medio químico ayudado por energía ultrasónica.

MANCHA.- Opacamiento, mancha o decoloración de metales debido a corrosión superficial. La película que así se forma.

MATE (Aspecto, electrodepósito, depósito, decapado).- Falta de brillo, esté o no pulida la superficie subyacente.

METAL.- elemento químico generalmente dotado de un brillo particular llamado brillo metálico, que conduce el calor y la electricidad. Todos los metales son cationes. Todos los metales son sólidos a la temperatura ambiente (15-20°C) salvo el hidrógeno que es gaseoso y el mercurio que es líquido. Ej. níquel, cobre, cromo, etc.

METALIZACION.- (1) La aplicación de una capa metálica eléctricamente conductora a la superficie de no conductores. (2) La aplicación de recubrimientos metálicos por procedimientos electrolíticos tales como la aspersión de metal en fusión y el depósito desde la fase vapor.

MICRA (  $\mu$  ).- Una milésima de milímetro (0.001 mm).

MORDENTADO.- Tratamiento que se hace al magnesio y sus aleaciones , para aumentar su resistencia a la corrosión.

NIEBLA SALINA (ensayo de).- Consiste en un ataque corrosivo acelerado por una niebla salina artificial de composición definida, en condiciones precisas de temperatura y presión. El grado de corrosión se aprecia, por la pérdida de masa de las probetas, o por la densidad de los poros por unidad de superficie, o por la superficie total de las manchas, o por comparación con escalas normalizadas. La concentración salina en cloruro sódico debe ser del 5%  $\pm$  0.5%, o de 20%  $\pm$  2%.

OHM , LEY DE.- La intensidad de un circuito eléctrico, para los conductores de segunda categoría, es directamente proporcional a la fuerza electromotriz (E) y se describe:

$$E = RI$$

OHMIO ( ).- Unidad de resistencia eléctrica.

PELICULA ANODICA.- (1) La parte de la solución en contacto inmediato con el ánodo. (2) La capa exterior del ánodo mismo consistente en productos de la oxidación o reacción del metal anódico.

PELICULA CATODICA.- La parte de una solución inmediatamente adyacente al cátodo.

PICADO.- (1) Accidentes que toman forma de puntos sobre las superficies metálicas, que penetran y tienen por origen la corrosión. (2) Accidentes que toman forma de puntos más o menos profundos, formados en la superficie de determinado electrodepósito. Ej: electrodepósito de níquel...; los humectantes o reductores de tensión corrigen generalmente este defecto.

PICADURA.- Depresión producida en una superficie de metal por un electrodepósito no uniforme o por corrosión.

POLARIZACION ELECTROLITICA.- Fenómeno por el cual las reacciones provocadas por una corriente que atraviesa un baño electrolítico producen una fuerza electromotriz, de sentido opuesto al que genera la corriente.

PORO.- Una diminuta cavidad o canal que se extiende a través de parte o de todo el recubrimiento.

POROSIDAD.- Particularidad de una superficie de

poseer poros, es decir, orificios más o menos grandes o en mayor o menor número. El número de tales poros en una área determinada.

POTENCIAL DE ELECTRODO.- La diferencia de potencial entre un electrodo y el electrolito, inmediatamente adyacente, con referencia a un electrodo "standard" como cero. Ej. electrodo de calomelanos.

PREDESENGRASE.- Operación de desengrase que tiene por fin disolver las grasas de una superficie, pero sin eliminarlas totalmente.

PROTECTOR (Nombre).- Material aplicado a una parte de un cátodo o soporte galvánico para hacer que la superficie no sea conductora.

PROTEGER.- Un medio no conductor para alterar la distribución de corriente sobre un ánodo y un cátodo.

PULIDO.- Término general que designa las operaciones que tienen por fin atenuar o eliminar las irregularidades de una superficie.

Existen diversos modos de pulido:

- pulido mecánico: por discos o bandas,
- pulido electrolítico,
- pulido químico,
- pulido en bombo,
- rectificación mecánica.

PULIMENTO.- Alisamiento de una superficie de metal por medio de partículas abrasivas unidas por adherencia a la superficie de ruedas o bandas.



**REBAJAR.** - Pulir con el propósito de quitar asperezas o irregularidades.

**REBABADO (desbarbado).** - Remoción de rebabas, aristas agudas, etc.

**RECTIFICACION.** - Conversión de la corriente alterna en unidireccional (continua) por medio de válvulas eléctrica.

**De media onda:** Rectificación que permite solamente la transmisión de una mitad del ciclo de corriente alterna como c.c.

**De toda onda:** Rectificación en la cual ambas mitades del ciclo de c.a. son transmitidas como c.c.

**RECTIFICADOR DE CORRIENTE (eléctrica).** - Aparato eléctrico que recibe corriente alterna y suministra corriente continua gracias al empleo de células rectificadoras, o diodo, que tienen la característica de no permitir el paso de la corriente más que en un solo sentido.

**RECUBRIMIENTO BRILLANTE.** - Proceso por el que se obtiene un electrodepósito que tiene un grado elevado de reflectancia espectacular en la condición de depósito.

**Electrolítico (o limpieza) en tambor:** Recubrimiento mecánico (o limpieza) en el que las piezas se tratan a granel en un recipiente giratorio.

**Mecánico:** Operación de recubrimiento en la que los cátodos son movidos por medios mecánicos durante el recubrimiento.

Por cepillo (o almohadilla): Un método para electrorrecubrir en el que la solución galvánica se aplica con una almohadilla o cepillo dentro del cual hay un ánodo y que se hace mover sobre el cátodo que va a ser recubierto.

REDUCTOR, AGENTE. - Un compuesto que causa reducción, oxidándose por ello.

- S -

SAL CONDUCTORA. - Compuesto agregado a la solución a fin de aumentar su conductividad.

SAL DE ROCHELLE. - Tartrato de potasio de sodio:  
 $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ .

SAPONIFICACION. - La hidrólisis alcalina de grasa por la que se forma un jabón; más comúnmente, la hidrólisis de un éster por un álcali con formación de alcohol y un compuesto de la parte ácida del éster.

SERIE ELECTROQUIMICA (serie electromotriz). - Tabla que enumera en orden los potenciales de electrodo estándar de reacciones electroquímicas especificadas.

SERIE GALVANICA. - Lista de metales y aleaciones arreglada según sus potenciales relativos en un ambiente determinado.

**SOBRE VOLTAJE.**- El excedente irreversible de potencial requerido para una reacción electroquímica para proceder activamente en un electrodo especificado, sobre y por encima de las características de potencias reversible de esta reacción.

**SOLUCION ABRILLANTADORA** (no electrolítica).- Baño que se emplea para producir una superficie brillante en el metal.

**SOPORTE** (en galvanostegia).- Un bastidor para suspender los artículos y conducir la corriente a los mismos, durante el recubrimiento y operaciones relacionadas.

- T -

**TENSION DE SUPERFICIE.**- La propiedad, debida a fuerzas moleculares, que existen en la película superficial de todos los líquidos y que tiende a evitar que se dispersen.

**TITULACION, VALORACION.**- Proceso analítico para determinar la cantidad de un elemento o compuesto en solución midiendo la cantidad de algún reactivo (líquido o solución) que reaccione cuantitativamente con él.

**TRABAJO** (en electrorrecubrimiento).- El material que se está recubriendo o terminando en alguna otra forma.

TRANSFERENCIA - Transporte - Migración.- El movimiento de iones a través del electrolito asociado con el paso de una corriente eléctrica.

TRATAMIENTO ELECTROLITICO.- Que tiene por fin la modificación química de la superficie del metal base. Ej. oxidación anódica, desangrase electrolítico.

TRIPOLI.- Sílice quebradiza y pulvurulenta, empleada como abrasivo.

- v -

VATIO (watt).- Una cantidad de energía de un julio por segundo, o la fuerza de una corriente eléctrica de un amperio con una intensidad de un voltio.

VOLTAJE DEL BAÑO.- El voltaje total entre el ánodo y el cátodo de una celda electrolítica durante la electrólisis. Es igual a la suma de (a) potencial de reacción de equilibrio, (b) caída de tensión y (c) polarizaciones del electrodo.

VOLTAJE DEL TANQUE.- Voltaje total entre el ánodo y el cátodo de un baño galvánico o celda electrolítica durante la electrólisis. Es igual a la suma de (a) el potencial de reacción de equilibrio, (b) la caída de IR y (c) las polarizaciones de electrodo.

VOLTIMETRO.- Aparato de medida de la tensión.

**VOLTIO (volt).** - Voltaje que producirá una corriente de un amperio a través de una resistencia de un ohmio.

## BIBLIOGRAFIA.

- R. Aldrich;  
"A better heavy metal wast treatment"  
Metal Finishing, November 1984.
- L. Arbellot;  
"Manual Practique des depost electrolytique"  
1a. y 2a. parte., Ed Hispano Europa. España.
- W. Blum;  
"Galvanotécnia y Galvanoplastia"  
4 impres., Ed. C.E.C.S.A. México.
- Colección Ciencia y Técnica;  
"Análisis de baños electrolíticos"  
2a. edic. Ed. Aguilar. España.
- J. Durney;  
"Electroplating Engineering Handbook"  
4a. edic. Ed. Van Nostrand Reinhold.
- J. Glayman;  
"Galvanotécnia Técnica y procedimientos"  
Ed. CEDEL.
- K. Graham;  
"Electroplating Engineering Handbook"  
3a. edic. Ed. Van Nostrand Reinhold Co.
- E. Guide;  
"Instalaciones galvanotécnicas"  
Ediciones Ride. Barcelona.
- K. Hiroshi;  
"La industria de la galvanoplastia y la solución a  
los problemas de la contaminación ambiental"  
Inst. de Contaminación de Tokyo.

- Kirk-Othmer;  
"Enciclopedia de Tecnología Química"  
Ed. U.T.E.H.A.
- K. Langford;  
"Análisis de baños electrolíticos"  
Ed. Aguilar.
- F. Lowenheim;  
"Electroplating fundamentals of surface  
finishing"  
Ed. Mc.Graw Hill.
- W. Machu;  
"Galvanotécnica Moderna"  
Ed. Aguilar, Madrid.
- D.H. Parker;  
"Tecnología de los REcubrimientos de Superficie"  
Enciclopedia de la Química Industrial.  
Ed. U. R. M.O.
- Sebastian F. y M. Morcillo;  
"Corrosión y protección de los materiales en la  
atmósfera"  
Ed. Bellaterra, S.A.
- "Manual de Corrosión y protección"  
Ed. Química, S.A.
- F.A. Steward;  
Conservation and Recovery of Materials and  
treatment wastes.  
Guidebook and Directory Issue Metal Finishing.  
1980.
- F.A. Steward;  
Pollution Abatement, Material Conservation and  
Recovery Metal Finishing. Feb. 1981.