

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

**FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA Y
MANUFACTURERA**



**"CONTROL DE CALIDAD EN LAS INDUSTRIAS DE
RECUBRIMIENTOS METALICOS POR VIA
ELECTROLITICA DE CROMO BRILLANTE"
(GALVANOTECNIA)**

TESIS

PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE

INGENIERO QUIMICO

HUMBERTO CABELLO CARUAJULCA

CESAR HERBOZO Y ROMERO

LIMA-PERU

1992

INDICE

Introducción.

Capítulo I Concepto De Control De Calidad

- 1.1 Definición de Calidad.
- 1.2 Definición de Control.
- 1.3 La Calidad y contribución al desarrollo de un país.
- 1.4 Organización del control de calidad en una empresa.
- 1.5 Control estadístico de la calidad.
- 1.6 Control estadístico de la calidad durante la fabricación.
- 1.7 Control estadístico de la calidad de los artículos elaborados.

Capítulo II Control De Calidad En La Industria Galvanotecnia

- 2.1 Control, mediciones e investigaciones a efectuar.
- 2.2 Consideraciones más adecuadas para un determinado propósito.
- 2.3 Estimación del Coste.

Capítulo III Fases Del Proceso De Cromo Brillante

- 3.1 Generalidades.
- 3.2 Pre-Tratamiento de las piezas.
- 3.3 Proceso electrolítico de deposición de metales.
- 3.4 Tratamiento de las piezas con los correspondientes baños galvánicos.

Capítulo IV
Control De Las Fases Del Proceso De Cromo Brillante
Que Integran el Proceso

- 4.1 Inspección durante la fase del Pre-Tratamiento.
- 4.2 Control de las soluciones de limpieza y decapado.
- 4.3 Inspección durante la fase de tratamiento.

Capítulo V
Control De Los Defectos

- 5.1 Método de la célula de Hull.
- 5.2 Control de los baños electrolíticos con la Célula Hull.
- 5.3 Efectos de las impurezas y su eliminación.
- 5.4 Corrección de los baños electrolíticos en función de los incidentes.

Capítulo V
Medición Físico, Electroquímico y de Utillaje

- 6.1 Mediciones físicas, sus efectos.
- 6.2 Mediciones electroquímicas, sus efectos.
- 6.3 Efectos de la composición de los baños electrolíticos.
- 6.4 Control del Utillaje

Capítulo VII
Inspección Y Controles Fisicos

- 7.1 Control de espesor.
- 7.2 Control de la resistencia y conductividad.
- 7.3 Control de la dureza.
- 7.4 Control de la adherencia.

7.5 Control de la resistencia a las temperaturas elevadas.

7.6 Control del brillo.

7.7 Control de la rugosidad.

7.8 Control de la resistencia al desgaste a la abrasión.

Capítulo VIII Inspección Y Controles Químicos Y Electroquímicos

8.1 Ensayos para la determinación de la clase
de recubrimiento.

8.2 Ensayos para la determinación de la porosidad.

8.3 Ensayos para la determinación de la resistencia
a la corrosión.

APENDICE

RECOMENDACIONES

CONSIDERACIONES FINALES

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA

RESUMEN

INTRODUCCION

En nuestros Primeros Contactos con compañías, entidades técnicas, y personas dedicadas al campo de los tratamientos de superficie por electrolisis en nuestro medio, pudimos constatar la similitud de muchos problemas que enfrentamos.

Un inadecuado manejo técnico de la composición de la solución electrolítica, utilización de trozos de sus límites óptimos de empleo, falta de personal técnico calificado, las fallas en forma continua durante el proceso de producción, el desconocimiento de sus costos de producción y la no aplicación de técnica de reproceso de las piezas defectuosas han dado lugar a sus ganancias.

La mala calidad de los productos se refleja en los desprendimientos de las películas o cromo de los cascos de licuadoras, planchas eléctricas, muebles, etc. La poca durabilidad de las autopartes de los automóviles ensamblados en el país, y el alto porcentaje de mermas durante el proceso es común en la industria nacional.

La experiencia en este campo permite usualmente que las mermas de producción oscilen entre 9% y 14%, en el cuadro que se muestra continuamos explicamos las principales causas de este alto porcentaje de mermas lo mismo que los controles que se deben realizar para reducir este alto porcentaje de mermas.

Este trabajo se basa en un plan de acción que tomamos para contrarrestar este alto porcentaje de mermas y reducirlo a un máximo de 4% teniendo como siguientes objetivos:

- Definiciones de los diferentes términos físicos y químicos y electroquímicos en un lenguaje sencillo para que los operarios que laboran en esta rama puedan entenderlo y comprenderlo.
- Necesidad de implantar un departamento de control de calidad.
- Minimizar el consumo de materia prima.
- Anticiparse al desbalance de los baños electrolíticos producidos por no mantener la concentración adecuada de las sustancias químicas que intervienen.
- Realizar un resumen de las fallas que se producen durante el proceso por simple inspección investigar a que se deben dichas fallas.
- Investigar técnicas de reproceso de artículos fallados.
- Como obtener productos de buena calidad resistentes a los fenómenos físicos y electroquímicos.
- Información sobre normas técnicas para recubrimiento metálico por vía electrolítica de cromo brillante.

Fallas debidas:

Suciedad (Aceite)

Verdugo, etc.

Pieza mal montada

Coxidacion

Porosidad del material

Mal montaje de la pieza

Defecto de material

Defecto de montaje

Defecto de diseño

Defecto de fabricación

Defecto de mantenimiento

Defecto de operación

Defecto de inspección

Defecto de transporte

Defecto de almacenamiento

Defecto de distribución

Defecto de instalación

Defecto de uso

Defecto de reparación

Defecto de desmontaje

Defecto de limpieza

Defecto de almacenamiento

Fallas de diseño:

Desbalance de las

partes móviles

Excesiva holgura

Deficiente lubricación

Deficiente selección de materiales

Deficiente selección de procesos

Deficiente selección de métodos de montaje

Deficiente selección de herramientas

Deficiente selección de personal

Deficiente selección de equipos

Deficiente selección de métodos de inspección

Deficiente selección de métodos de transporte

Deficiente selección de métodos de almacenamiento

Deficiente selección de métodos de distribución

Deficiente selección de métodos de instalación

Deficiente selección de métodos de uso

Deficiente selección de métodos de reparación

Deficiente selección de métodos de desmontaje

Deficiente selección de métodos de limpieza

Deficiente selección de métodos de almacenamiento

Fallas de fabricación:

Defecto de material

Defecto de montaje

Defecto de diseño

Defecto de selección de materiales

Defecto de selección de procesos

Defecto de selección de métodos de montaje

Defecto de selección de herramientas

Defecto de selección de personal

Defecto de selección de equipos

Defecto de selección de métodos de inspección

Defecto de selección de métodos de transporte

Defecto de selección de métodos de almacenamiento

Defecto de selección de métodos de distribución

Defecto de selección de métodos de instalación

Defecto de selección de métodos de uso

Defecto de selección de métodos de reparación

Defecto de selección de métodos de desmontaje

Defecto de selección de métodos de limpieza

Defecto de selección de métodos de almacenamiento

Fallas de mantenimiento:

Defecto de selección de materiales

Defecto de selección de procesos

Defecto de selección de métodos de montaje

Defecto de selección de herramientas

Defecto de selección de personal

Defecto de selección de equipos

Defecto de selección de métodos de inspección

Defecto de selección de métodos de transporte

Defecto de selección de métodos de almacenamiento

Defecto de selección de métodos de distribución

Defecto de selección de métodos de instalación

Defecto de selección de métodos de uso

Defecto de selección de métodos de reparación

Defecto de selección de métodos de desmontaje

Defecto de selección de métodos de limpieza

Defecto de selección de métodos de almacenamiento

Defecto de selección de métodos de transporte

Defecto de selección de métodos de distribución

Defecto de selección de métodos de instalación

Defecto de selección de métodos de uso

Defecto de selección de métodos de reparación

Defecto de selección de métodos de desmontaje

Defecto de selección de métodos de limpieza

CAPITULO I

CONCEPTOS DE CONTROL DE CALIDAD

1.1 DEFINICION DE CALIDAD.

La calidad puede definirse como la resultante de una **combinación** de características de Ingeniería y de fabricación, **determinantes** del grado de satisfacción que el producto proporcione al consumidor durante su uso.

1.2 DEFINICION DE CONTROL.

Se llama control al acto de delegar responsabilidad y autoridad en una actividad directa, liberándola en esta forma de detalles innecesarios, pero conservándole los medios para asegurarse que los resultados sean **satisfactorios**.

El **Procedimiento** seguido para alcanzar la meta de calidad industrial es, por lo tanto, denominado "Control de Calidad" y los **procedimientos** para lograr metas **semejantes** en la producción y en los costos se denominan, a su vez, "Control de Producción" y "Control de Costos".

Generalmente se siguen cuatro etapas en cada uno de los **controles**. Para el control de calidad los pasos son los siguientes:

a. Establecimientos de Estándares.

Determinación de estándares para los costos de calidad, para el funcionamiento y para la confiabilidad en el producto.

b. Estimación de Conformidad.

Comparación de la Concordancia entre el producto manufacturado y los estándares.

c. Ejercer Acción Cuando sea necesario.

Aplicar la corrección necesaria cuando se rebacan los estándares.

d. Hacer Planes para Mejoramiento.

Desarrollar un esfuerzo continuado para mejorar los estándares de los costos, del comportamiento y de la confiabilidad del producto.

1.3 LA CALIDAD Y CONTRIBUCION AL DESARROLLO DE UN PAIS.

La definición clásica de calidad como grado de satisfacción que puede derivarse del uso o posesión del producto o servicio podría parecer utópica, sin una protección tangible en muchos casos, para un buen número de consumidores peruanos de años pasados. Esta actitud podía justificarse, por el signo de nuestro mercado, allá por los años sesenta, en que la mayoría de los sectores Industriales se desarrollaron en un mercado de vendedores en el que la demanda era superior la oferta. En esas circunstancias, el nivel de calidad podía fácilmente

degradarse, puesto que el comprador quedaba satisfecho simplemente por el hecho de alcanzar la posesión del producto artículo en competencia con otros compradores cualquiera que fuere su calidad. El fabricante, por su parte, carente de estímulo para mejorar la calidad de sus artículos, ya que estos encontraban siempre fácil mercado, cabe suponer que no insistiría demasiado en cuidar esa calidad. En estos últimos años, debido a la desestabilización económica, este panorama cambió radicalmente, y la estructura del mercado peruano disminuyó por parte de los compradores. En esta situación la calidad es la principal arma de los fabricantes en la difícil conquista del mercado. El comprador tiene en la mano todos los triunfos, puede seleccionar las características del producto y adquirir y elegir la marca que le ofrece mayor garantía de calidad.

Hoy en día, el Controlar la calidad de un artículo puede ocasionar pérdidas muy sensibles para un fabricante, poseyendo una gran influencia en la economía nacional. Mediante encuestas realizadas en Industrias pertenecientes sectores muy diversos de diferentes países en distinto grado de desarrollo se pudo estimar por los años 1967-1968, que las pérdidas ocasionadas por la falta de calidad oscilaban entre un 10% y un 18% del producto nacional bruto, siendo esta cifra bastante mayor cuando menor era el desarrollo industrial del país encuestado.

Cuando se aplicaron las técnicas adecuadas de control de calidad en todos los sectores productivos de los diferentes

países encuestados, las indicadas cifras de pérdidas se redujeron fácilmente la mitad. Pone ello de manifiesto lo fundamental del control de calidad, reflejado en la mayoría de los planes de desarrollo de numerosos países y objeto a su vez de campañas nacionales, en otros.

Hemos visto surgir entidades públicas preocupadas en el control de calidad, cuya máxima ambición consistiría tan sólo en la difusión de las técnicas de estadísticas matemáticas en el control y la verificación de la calidad entre los industriales, cuando el problema de la calidad afecta a una nación en tal medida que debería ser considerado por una gran número de estamentos, elevando la gestión de esa calidad al rango de política nacional, pudiéndose hablar de política de calidad, del mismo modo que actualmente se habla de política de inversión o política de expansión comercial. Con la aplicación de esa política nacional de calidad, en la que deberían intervenir obligatoriamente y en perfecta coordinación la normalización, las técnicas de control y gestión de calidad, las marcas de calidad y las asociaciones de consumidores, se lograría proyectar el artículo o producto de toda su expansión posible, controlándolo durante su proceso de fabricación y garantizando al público través de la declaración en su etiquetaje o publicidad el engaño o la falsedad si ésta existiese. Se lograría con ello prestigiar los artículos productos nacionales, tanto en el mercado interior como en el exterior, pudiéndose aplicar, entonces ya con éxito, cualquier campaña de expansión político-comercial.

1.4 ORGANIZACION DEL DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD EN UNA EMPRESA.

1.4.1 Tareas Del Control De La Calidad.

Las tareas de control de la calidad giran alrededor de la producción y procesos de servicio, y para distinguir las entre si se les encierra en cuatro clasificaciones, a saber:

a. Control de Nuevo Diseño.

Comprende el establecimiento y la especificación de la calidad deseable de costo, calidad de realización y calidad de estándares de confiabilidad del producto, incluyendo la eliminación y localización de causas de deficiencias en la calidad, antes de que la producción formal se realice.

b. Control de Recepción del Material.

Se refiere a los gastos de recepción y almacenamiento, solamente de aquellas partes cuya calidad responde a las especificaciones requeridas con la mayor economía.

c. Control de Producto.

Comprende el Control en el lugar mismo de la elaboración continuando hasta el área de servicio de modo que la discrepancia con las especificaciones de la calidad puedan ser corregidas, evitando la fabricación defectuosa del producto y que en consecuencia el servicio en el campo de aplicación sea convenientemente logrado.

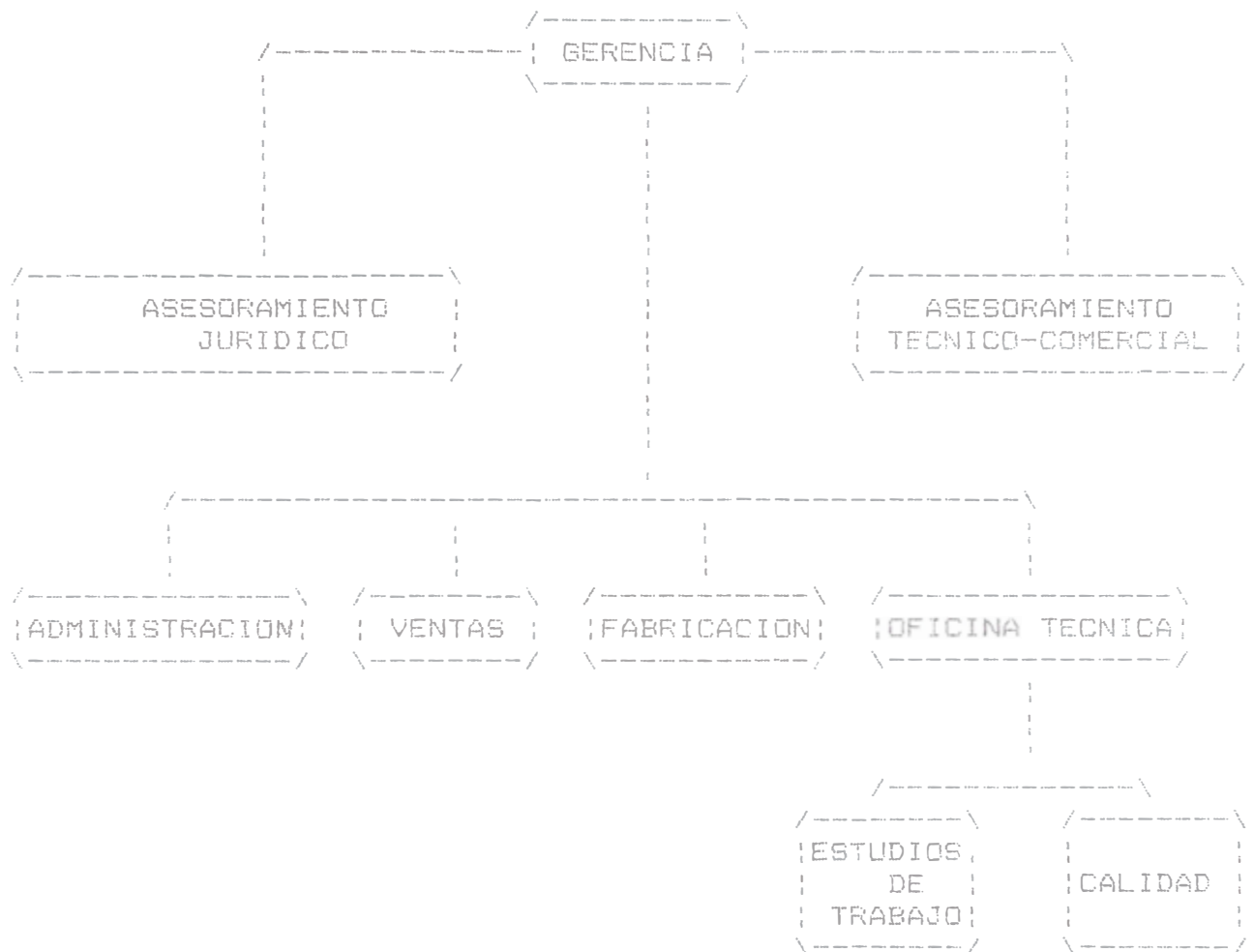
d. Estudio de Procesos Especiales.

Están formados por la conducción de investigaciones y de pruebas a fin de localizar las causas que motiven producto defectivo y se determine la posibilidad de mejorar las características de la calidad.

1.4.2 Posesión Del Departamento de Control De Calidad Dentro del Organigrama.

Partiendo de la consideración que la empresa es lo suficientemente grande para poder contar con este departamento de calidad (cosa que no suele ocurrir en bastantes empresas dedicadas a la galvanotecnia, no ser secciones de tratamientos galvánico englobados en grandes factorías, como las típicas de fabricación de automóviles), el departamento de calidad actúa bajo la dirección de la gerencia, actuando en íntima colaboración con los departamentos de ventas y de fabricación. En muchos casos, deberá actuar inclusive como juez imparcial en las discrepancias que seguramente surgirán entre estos dos departamentos y el de calidad.

El asignar al Jefe de producción la jefatura del departamento de calidad, implicaría por parte de dicho jefe el sacrificar la calidad a la producción, sea por propia comodidad, sea por salir del paso en ciertas ocasiones comprometidas en que se hiciera difícil, por ejemplo cumplir con los plazos de entrega de los artículos o productos acabados.

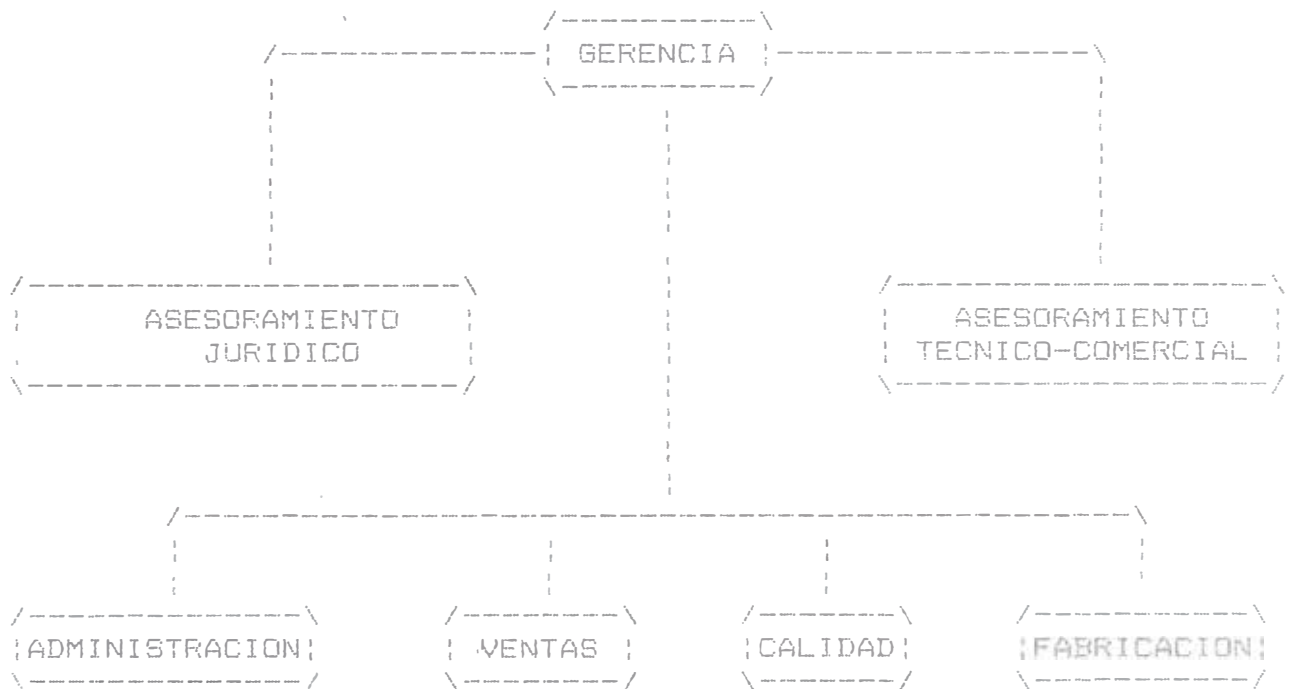


1.4.3 Línea De Actuación del Departamento de Calidad.

Se Organizará atendiéndose las tres grandes líneas controlar a tenor de sus funciones específicas:

Prevención, Verificación Fallos (Garantía) mediante el siguiente organigrama:

Un Organigrama aconsejable tenor de lo precedente expuesto, podría ser el siguiente:



Cuando se trata de una empresa de volumen industrial mediano, resulta mas aconsejable otro organigrama en el cual la Ingeniería de Calidad o Departamento de Calidad esté bajo la responsabilidad del Jefe de la Oficina técnica, conjuntamente con los estudios de trabajo o productividad.



1. Prevención.

Se consideran tres aspectos:

- a. La **formación** y adiestramiento del personal del departamento de calidad.
- b. El estudio de posibilidades en **proyectos** de nuevos artículos.
- c. La **formación** del Personal de **fabricación** en los métodos de trabajo más adecuados.

2. Verificación.

Debemos considerar también tres objetivos:

- a. Control de Materias Primas.
- b. Control de Proceso.
- c. Evaluación del artículo elaborado (control de salidas)

3. Garantía.

Afirmar que un artículo es bueno estando convencido de ello, comprometerse a que el mismo tenga una duración determinada según el fin que de él se espere.

1.5 CONTROL ESTADISTICO DE LA CALIDAD.

La aplicación práctica del control estadístico de la calidad se hace mediante el uso, en una gran mayoría de casos, de tablas "pre-calculadas" al alcance en cuanto a complejidad se refiera, de cualquier técnico de grado medio.

1.5.1 Definición De Estadística.

Es un conjunto de métodos, normas o sistemas que tienen por objeto la recopilación, ordenación y análisis de unos hechos, al propio tiempo que trata de encontrar las relaciones de todo género que ligan a estos hechos mismos y con respecto un conjunto de leyes o hechos desconocidos.

1.5.2 Población E Individuo.

Se llama "población" o "universo" al conjunto de elementos que tienen algún carácter común observable. Por ejemplo las piezas fabricadas por una máquina durante un mes.

Se llama "Individuo" a cada uno de los elementos de que consta la "población", o "universo". En el ejemplo anterior, una

de las piezas fabricadas por la máquina.

1.5.3 Observación De Los hechos.

Los hechos observables de una población se centran, en principio en la observación de un solo carácter o variable que puede ser cualitativo o cuantitativo. El cualitativo cuando no se realiza ninguna medición, como sería la clasificación de 100 piezas de fundición en porosas o no porosas, siendo el carácter cualitativo la porosidad que simplemente se observa. es Cuantitativo cuando en la observación se hace uso de una medición (mediante un instrumento adecuado: micrómetro, pie de rey, etc), como sería el caso de una partida de 1000 piezas mecanizadas, en que el carácter a observar fuera su diámetro.

Se llama frecuencia absoluta de una observación al número de veces que se repite cada valor obtenido cuando de un hecho observable se han obtenido observaciones y, su vez; estos toman los valores n_1, n_2, \dots, n_j .

Se llama frecuencia relativa de una observación al cociente que resulta de dividir las veces que se repite un hecho por el número total de observaciones efectuadas.

Un Ejemplo aclarará lo indicado:

De una serie de observaciones de una variable hemos encontrado 168 valores, que se repiten en un número determinado de veces y con una frecuencia, hallaremos la "frecuencia absoluta" y la "frecuencia relativa" y lo expresamos en forma de tabla del siguiente modo:

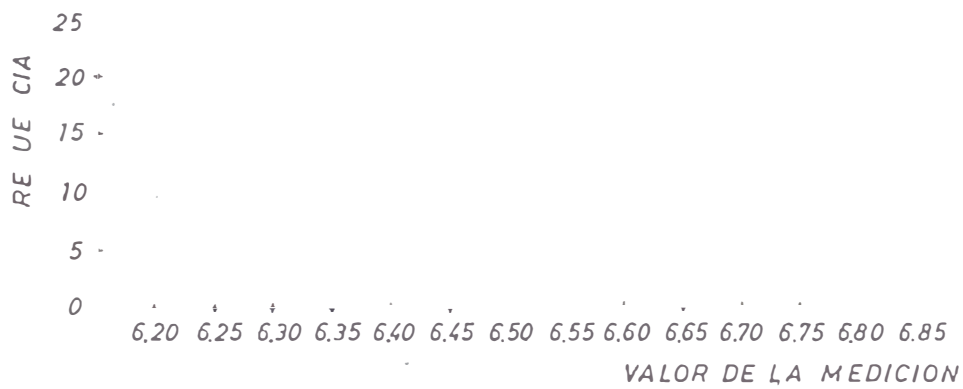
VARIABLE (espesor en micras de Niquel en Licuadoras)	FRECUENCIA ABSOLUTA	FRECUENCIA RELATIVA
6.20 III	3	0.0178
6.25 IIII IIII	10	0.0595
6.30 IIII IIII II	12	0.0714
6.35 IIII IIII IIII IIII I	21	0.1250
6.40 IIII IIII II	12	0.0714
6.45 IIII IIII IIII	14	0.0834
6.50 IIII IIII IIII IIII II	22	0.1310
6.55 IIII IIII IIII II	17	0.1010
6.60 IIII IIII III	13	0.0774
6.65 IIII IIII III	13	0.0774
6.70 IIII IIII IIII	14	0.0834
6.75 IIII III	8	0.0477
6.80 IIII II	7	0.0417
6.85 II	2	0.0119

NOTA: La variable puesta en el Ejemplo anterior se refiere al espesor del Niquel en micras, depositado electroliticamente en las Licuadoras, en un día normal de producción.

El Sistema más sencillo que se ha Utilizado ha sido el de marcar con un trozo cada repetición de un valor de la variable considerada y tachar luego estos trazos cada cinco repeticiones de los mismos.

Otro Sistema de representación gráfica ha sido el de los histogramas, que pueden adoptar distintas formas, así considerado el mismo ejemplo anterior, con 168 valores, hallaríamos la "frecuencia" la expresariamos gráficamente de las tres formas siguientes: (Figura 1)

Figura 1
Histogramas



1.5.4 Parametros De Valoración De La Tendencia Central.

Los mas **representativos** son: la media Aritmética, el valor medio, la moda y la mediana. Con **menos** frecuencia se utilizan la media cuadrática, la media geométrica y la media armónica.

La media aritmética de una **serie de datos** es la suma de los valores individuales dividida por el número de **ellos**, representándose por \bar{X} :

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n}$$

El valor medio de **una serie de observaciones** es la relación definida por:

$$\frac{(\text{VALOR MAXIMO}) + (\text{VALOR MINIMO})}{2}$$

La **moda** es el valor de la variable que aparece mayor número de veces, es decir, la que tiene **mayor frecuencia**.

La **mediana** es el valor de la variable que tiene igual número de datos u observaciones por encima o por debajo de **ella**.

La media cuadrática se define por:

$$\bar{X}_{\text{cuad}} = \frac{x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_n^2}{n}$$

La media geométrica se define por:

$$\bar{X}_g = \sqrt[n]{x_1 \cdot x_2 \cdot \dots \cdot x_n}$$

La media Armónica se define por:

$$\bar{X}_{\text{arm}} = \frac{n}{\frac{1}{x_1} + \frac{1}{x_2} + \dots + \frac{1}{x_n}}$$

1.5.5 Parámetros Que Valoran La Dispersión.

Los **parámetros más** representativos, los cuales dan idea de la dispersión de datos de una serie de observaciones son: el **rango**, la **varianza** y la **desviación típica**.

El **Rango** (también llamado **amplitud**, **recorrido** o **intervalo**) es la **diferencia** entre los valores **mayor** y **menor** de los datos observados.

Se le puede designar por **R**.

La **varianza** se **define** por:

$$s^2 = \frac{(X_1 - \bar{X})^2 + (X_2 - \bar{X})^2 + \dots + (X_n - \bar{X})^2}{n}$$

La desviación típica es la raíz cuadrada de la expresión anterior:

$$s = \sqrt{\frac{(X_1 - \bar{X})^2 + (X_2 - \bar{X})^2 + \dots + (X_n - \bar{X})^2}{n}}$$

1.6 CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD DURANTE LA FABRICACION.

Se puede realizar de dos maneras diferentes, según los casos:

- a. El Control por variables o por "mediciones" mediante una muestra, estudia una secuencia de ellas o las características del universo del cual han sido extraídas, a base de observar las características de dispersión de los datos obtenidos (media, desviación típica, etc.).

- b. El control por atributos es una forma de clasificar la unidad de producto en "defectuosa" o "no defectuosa", se observa en base a muestras si el producto cumple con un requisito al que se denomina "atributo".

1.7 CONTROL ESTADISTICO DE CALIDAD DE LOS ARTICULOS ELABORADOS.

Entendemos así, todos aquellos experimentos que nos permiten aceptar o rechazar un lote o una serie de lotes. Este

control estadístico de calidad se aplicará pues en general a:
Control de piezas antes que pasen de una operación a la
siguiente; control de piezas antes de pasar al montaje; Control
de piezas antes de su almacenamiento, y control de piezas antes
de enviarlas al cliente o proveedor.

CAPITULO II

CONTROL DE CALIDAD EN LA INDUSTRIA DE GALVANOTECNIA

2.1 CONTROL DE MEDICIONES E INVESTIGACIONES A EFECTUAR EN LAS INDUSTRIAS GALVANICAS.

Los métodos precedentemente estudiados pueden ser aplicados al control de los recubrimientos electrolíticos y su procedimiento de obtención.

Ahora bien, su aplicación entraña una serie de dificultades que debemos indicar, Estas dificultades obedecen al aspecto singular y específico de la industria galvanotecnia y sus fabricados, que en su idiosincracia se diferencia extraordinariamente de otros tipos de industrias donde es más habitual el uso de los métodos estadísticos de control de fabricados. Una de estas dificultades se refiere concretamente a que conceptos como el de "pasa" o "no pasa" o "bueno" y "malo" no siempre es posible equitarlos de modo exacto en galvanotecnia, pues muchas veces suele ocurrir que las piezas que presentan el mejor aspecto aparente, no por ello, quiere decir que posean el idóneo espesor de recubrimiento: presentan la adecuada adherencia del mismo al metal-base.

Otra dificultad puede recidir en que los ensayos para la comprobación de la buena calidad de los recubrimientos suelen

ser, en su totalidad, realmente largos y de un costo hasta cierto punto elevado, aunque indudablemente necesario.

Y, finalmente, otra dificultad que este control entraña, incide directamente en las particulares características de los ensayos utilizados en el control de los electrodepósitos metálicos, la mayor parte de carácter destructivo en lo que a medición de algunos parámetros se refiere.

Una instalación galvánica conducida con criterio moderno necesita un cuidado constante con auxilio de recursos analíticos. Sólo así puede conservar su nivel de rendimiento; en algunos casos basta una prueba cualitativa orientadora, pero también es posible la verificación de pruebas cuantitativas con medios simples.

Las pruebas a realizar regularmente pueden dividirse en:

- a. Físicas, como examen de la densidad, temperaturas, magnitudes eléctricas, propiedades del precipitado;
- b. Químicas, como la determinación del contenido del metal, ácido o cianuro y la determinación de las impurezas.

Los resultados pueden recopilarse en un libro de taller, del cual se reserva un número de páginas para cada baño. Todos los resultados de pruebas posteriores y las correcciones efectuadas sobre su base deben ser igualmente anotadas, con indicación de la fecha; lo mismo, para todas las dificultades que se produzcan y también los errores cometidos, ya que pueden ayudar a poner

en claro deficiencias que se pueden observar posteriormente y a evitar pérdidas de tiempo dinero en ensayos infructuosos y análisis caros.

En muchos casos será asimismo importante controlar regularmente y anotar la propiedad del precipitado, como su dureza, brillo, porosidad, poder de penetración del baño, etc.

A continuación, expondremos cuándo y en qué orden debe procederse a realizar cada una de las pruebas:

En primer término, el cuidado adecuado de un taller, además del control de una preparación idónea por mordentado, desengrasado, etc. de una conservación en estado de limpieza de los baños, de los contactos eléctricos, del enjuague y secado cuidadoso de las piezas, exige una observación constante de la tensión del baño y de la intensidad de la corriente, esta última en función de la superficie de la pieza suspendida, o sea, de la densidad de corriente y de la temperatura de los baños.

Para constatar cambios en la constitución de los baños, lo más adecuado es proceder, en primer lugar, a la medición de la densidad con el densímetro, ya que los análisis químicos no deben efectuarse más frecuentemente de lo preciso, puesto que da lugar a dispendios elevados y un innecesario gasto de tiempo. Si la densidad se aparta de lo normal, se procede acto seguido a la determinación del contenido en metal.

Las modificaciones de la tensión del baño son señaladas para una densidad de corriente dada por el voltímetro. Eventualmente, las mediciones de la conductividad permite conocer si las modificaciones en la composición del baño son debidas a un voltaje anormal. Ordinariamente, el aspecto del ánodo permite **ver si** los pasivados o las capas cubrientes originan variaciones en la tensión.

Los depósitos metálicos se investigarán primeramente en lo referente a porosidad y a la acción protectora de la herrumbre o de la corrosión. Pocas veces hay que medir la dureza del precipitado el brillo y rara vez la resistencia o el alargamiento. Frecuentemente se verifican las llamadas **pruebas técnicas que permiten** opinar sobre la flexibilidad y al mismo tiempo, sobre la adherencia. Puede aportar así mismo interesantes aclaraciones la investigación al microscopio de la estructura.

2.2 PROCESOS GALVANICOS MAS ADECUADOS PARA UN DETERMINADO PROPOSITO: CONSIDERACIONES.

La elección del adecuado proceso o procesos que cumplan con el fin que de ellos esperamos, que es el de permitir la elaboración de recubrimientos metálicos de la calidad apetecida no es tarea sencilla, ya que no cabe esperar exista, al principio, una gran experiencia y conocimiento en lo que respecta a costos de materias primas, escándalos, verificaciones, ensayos de control de calidad en general y normativas.

Hay que medir muy seriamente y sopesar cuidadosamente la elección del proceso a adoptar para un determinado artículo a fabricar y al propio tiempo a conocer cuales serán las formas más idóneas del artículo para el **tratamiento** galvánico del mismo, pues precisamente en estos conocimientos pueden residir los factores que abaraten el artículo acabado y le sea más fácil al mismo tiempo, pasar los ensayos de control de calidad y en consecuencia, hagan rentable su fabricación y rindan al **final** un buen servicio al usuario.

Nos lleva esto de la mano **para** que examinemos concienzudamente el concepto muchas veces oído, pero a veces un poco deformado que entraña la palabra "calidad" de un **recubrimiento**. El usuario debe entender **por** calidad de un recubrimiento, que se cumpla estrictamente el cometido que de él esperamos durante el tiempo de vida de la **totalidad** del **artículo** y en el lugar adecuado, tal **como** nos ha sido garantizado por el fabricante o vendedor intermediario.

2.2.1 Primera Consideración: Propósito del Recubrimiento.

¿Qué esperamos de estos recubrimientos y para qué va a ser utilizado, **tanto** por si mismo como formando parte del artículo acabado?. Esto lleva implícita la necesidad de conocer de **antemano**, el medio ambiente en que dicho artículo estará expuesto, así como la función concreta; **el tamaño**, la forma, el coste y la vida media del mismo. Además aumento de la prestancia y duración del artículo (proyectado para una duración "para toda

la vida" o una ligera protección para el tiempo que dure la corta vida del mismo).

Cabe dividirlos en cuatro casos:

Caso A.

Constituidos por los recubrimientos cuyo único propósito es el de darle al metal-base una buena protección contra el ataque de la corrosión, siendo indiferente la apariencia del artículo. Como ejemplo tenemos: el zinc aplicado en gruesas capas sobre alambres de acero en líneas de comunicación aérea, el níquelado a espesor de recipientes de acero usados para el almacenamiento de productos susceptibles de ser contaminados por el hierro.

Caso B.

Constituidos por los recubrimientos cuyo cometido es el de proteger al metal-base contra la corrosión otro propósito definido. Como ejemplo tenemos la deposición de oro sobre algunas piezas utilizadas en la Industria de la comunicación que protege al metal-base contra el velado y a la vez proporciona a la pieza un adecuado contacto eléctrico que precisa para sus fines.

Caso C.

Proporcionar al artículo un acabado decorativo y durable solamente durante un tiempo definido, coincidente con el término de la vida industrial del artículo. Como ejemplo los acabados de cromo-níquel en la industria del automóvil, grifería, electrodoméstico, etc.

Caso D.

Aprovechar una especial propiedad de los recubrimientos. como ejemplo, los recubrimientos de latón sobre algunos metales para **conferirles** una mayor adherencia para el caucho o la goma, el cromado de **cilindros**, cigüeñales, bastagos, para proporcionarles una mayor lubricación y resistencia al desgaste.

El especialista en galvanotecnia **deberá** elegir además, teniendo en **cuenta** la idiosincracia del metal-base y el propósito del artículo a fabricar, el recubrimiento más idóneo para ello.

2.2.2 Segunda Consideración: Diseño del Artículo y de las Piezas Constituyentes del Mismo.

Cuando se concibe un artículo o cada **pieza** de este artículo, se debe elaborar las formas **ensamblajes** más convenientes para ser bañados recibir el recubrimiento o **recubrimientos** elegidos según el propósito del artículo.

No se puede dar una recomendación específica de diseño para la **infinidad** de formas susceptibles de ser creadas por la fértil mente humana, **pero** sí podemos dar, **en** términos generales recomendaciones que resumimos a continuación:

- a. Se desaconsejan las **Aristas** vivas, aconsejándose su sustitución por aristas curvas de 1 mm de radio como mínimo;
- b. Los rebajes o los agujeros ciegos **deben tener** un radio superior a su profundidad;

- c. Las ranuras deben tener un ancho mínimo igual tres veces su profundidad;
- d. Las piezas con cavidades deben tener agujeros de comunicación para permitir el total escurrido de los interiores.
- e. En general, la concepción de las piezas debe estar encaminada a facilitar al máximo, la operación del lavado enjuague, sin tener líquidos.

2.2.3 Tercera Consideración: Recubrimientos o Sistemas de Recubrimientos Más Adecuados.

¿Cuál debe ser el recubrimiento o recubrimientos metálicos más adecuados para que cumpla de modo fiel su propósito?. Se dá continuación algunos factores esenciales considerar en esa elección por el industrial, factores con los que, a tenor de lo exigido por sus clientes actuales futuros y según el consejo de firmas especializadas, le ayuden en esa elección; estos factores son:

1. Forma de fabricación del artículo a recubrir, es decir, si se trata de piezas fundidas, embutidas o ensambladas.
2. Metal-base de que está constituido el artículo recubrir, es decir, si es de hierro, acero, aluminio, zinc, zamac, latón, etc.
3. Calidad física de ese metal-base, es decir, si tiene poros, grietas, oquedades, etc.
4. Tratamiento térmico de ese metal-base, es decir, si ha sido forjado, recocido.

5. Dimensiones del artículo a reducir, es decir, si se trata de tornillería, pieza de automóvil, muebles de tubo, etc.
6. Forma que posee el artículo a recubrir con el objeto de ver las consiguientes dificultades de tratamiento preparatorio, es decir, si habrá que adoptar ánodos auxiliares, dificultades de escurrido, etc.
7. Temperatura de utilización del artículo, por lo tanto, del recubrimiento.
8. Atmósfera o ambiente de utilización del artículo.
9. Espesor medio más adecuado del recubrimiento, dato facilitado por la normativa internacional, en función del metal-base y del ambiente que deberá soportar el artículo.
10. Precio de Coste del recubrimiento, función de los factores citados y de otros de carácter general en el que se incluyen: Instalaciones del proceso y gastos generales de oficina y taller.

2.3 ESTIMACION DEL COSTE TOTAL DEL TRATAMIENTO GALVANICO.

La clave del éxito de todo negocio es el conocimiento de sus costos. Desde aquí puede seguirse hacia la aplicación correcta del precio de su trabajo, de forma que se pueda obtener un beneficio legítimo y no dejar que sus precios sean determinados sólo por lo que el mercado puede admitir, o por lo que puedan estar facturandos otros por el mismo trabajo.

En principio, si conocemos los gastos generales, está seguro de los porcentajes del material y mano de obra sobre el precio de venta y conoce la capacidad de producción de instalación por bastidor, barras, etc, el resto es pura aritmética.

El objetivo de este trabajo será precisamente el tratar de las bases que entran en juego al establecer los precios de corto que determinan junto con los demás factores la política de precios de facturación. Por consiguiente no vamos a dar fórmulas, gráficos, ratios, etc, ni a entrar en el estudio y práctica de la técnica, la organización y la mecánica contable y administrativa de costos, balances, etc, para lo cual existe ya abundante literatura de aplicación general y especialistas en la materia.

Esperamos con este trabajo, ayudar principalmente a aquellos industriales de capacidad pequeña y media, que son los que más lo precisan.

2.3.1 Consideraciones Sobre el Precio de Venta.

Será más correcto calificar el precio de facturación, antes de hacerlo con los costos. Las razones de ello irán apareciendo a lo largo de este tema.

Exponemos a continuación algunos de los factores más importantes que creemos deben ser tenidos en cuenta este respecto, se trata de factores de índole, causa y origen muy diversos, difíciles de prever, valorar y controlar, pero que,

sin embargo, no pueden olvidarse en la fijación del precio de facturación.

1. El precio de facturación óptimo (precio de costo total más el porcentaje de beneficio normal) viene forzosamente influenciado en alto grado y a veces de manera decisiva, por el propio mercado.
2. Pueden y deben influir en la fijación del precio "óptimo", incluso la mayor o menor solvencia técnica y la capacidad económica y financiera del propio Industrial.
3. Las características, condiciones y circunstancias bajo las cuales se formula o se presenta la demanda. Como ejemplo: algún sector industrial que acostumbra a solicitar entregas excepcionales rápidas por razones de mercado, novedad, temporada, etc, y ello puede no obligar al Industrial a organizar turnos, trabajar horas extras, etc. Estas condiciones deben repercutir en el precio de venta y no sólo en lo que pueda resultar del mayor costo, sea, por ejemplo, por el efecto de las horas extras.
4. Otro factor que dificulta la fijación de precios "óptimos" es la irrupción de muchos industriales en el campo de los tratamientos. Al entrar estos por primera vez en este campo no prestan la debida atención de los costos por lo que desconocen, los otros factores que señalan en cada momento y circunstancia el precio "óptimo" que es el que el mercado está dispuesto a pagar como máximo.

5. Hay que tener en cuenta posibles tendencias futuras del costo, de los principales componentes, o sea, la mano de obra, los materiales y los gastos. Esta previsión es necesaria, ya que este mercado no acepta variaciones de precio con excesiva frecuencia.

2.3.2 Mano de Obra.

2.3.2.1 Mano de Obra Indirecta.

Es la que coadyuva al mantenimiento de la organización necesaria para que la mano de obra directa, pueda desarrollarse en las condiciones que le permitan obtener el máximo rendimiento económico. Figurarán el personal para la preparación, control y mantenimiento de las soluciones químicas y baños, personal de laboratorio, el de recepción, almacén, entrega y acondicionamiento de los materiales, cuando este personal desempeña su función en para las secciones de producción, etc. El personal administrativo, de almacén, recepción, entrega, distribución, embalaje, comedor, mantenimiento de locales, etc, se imputan casi siempre Gastos Fijos Generales.

2.3.2.2 Mano de Obra Directa.

Es la empleada con:

- Tratamiento mecánicos, o sea, toda la gama de operaciones de limado, esmerilado, pulido, afilado, cepillado.
- Manipulación y aplicación de los baños químicos y galvánicos.
- Montaje y desmontaje de las piezas en Bastidores o Ganchos.
- En trabajos de peonaje, aplicado directamente las

operaciones antes indicadas.

- Además creemos conveniente incluir también como mano de obra directa a los encargados que puedan existir en cada una de las secciones, líneas de tratamiento.

2.3.2.3 Costo Salarial

Está fijada en gran parte por convenios colectivos, sindicales por acuerdos particulares y por periodos de vigencia generalmente al año. Cuando el índice de inflación es superior al 10% será prudente prever en el Presupuesto incrementos que, casi inestablemente se producirán durante el año, al margen o no de los convenios existentes y pocas veces podrían ser absorbidas en este campo por mejoras logradas en el rendimiento de la industria o por una mayor productividad de la mano de obra.

2.3.2.4 Costo De La Mano de Obra.

El método más práctico para cargar la mano de obra al costo de una tratamiento, es establecer el costo global de mano de obra por semana o meses de trabajo y dividiéndolo por el número de obras realmente trabajadas incrementadas por los porcentajes de seguridad que antes hemos indicado, obteniendo así un costo hora de mano de obra.

Los partes diarios de la mano de obra empleadas y de producción obtenidas por proceso, mostrarán si el método de imputación de la mano de obra resulta o no aceptable. Siempre presentará muchas ventajas el desglose de la mano de obra

directa por secciones (pulido, tratamiento en baños electrolíticos, barnizado, etc.) y por líneas (cobre, níquel, cromo, etc.) va que este desglose permitirá repercutir, con mayor exactitud en el costo las diferencias salariales existentes.

Al coste de la mano de obra debe cumárselo entre los siguientes conceptos, aquellos que existen realmente:

- Cargas Sociales.
- Seguros voluntarios para el personal
- Primas de producción, incentivos, etc.
- Horas extras
- Gratificaciones (28 de Julio, Navidad)
- Vacaciones Pagadas
- Prendas de Trabajo para el personal
- Movilidad
- Gastos de Comercio
- Personal eventual o a horas

2.3.2.5 Control De Costos De Mano De Obra.

Deben preverse controles periódicos pero flexibles para que nunca perturbe la producción, que permitan conocer las variaciones de cualquier índole que en la práctica se produzcan. Nos abastecemos de proponer fichas, partes informes, gráficos, etc. de los que ya existen gran variedad. Como ejemplo de la necesidad de un control ágil y flexible expondré un caso vivido:

Descubri que unas planchas de latón especial para graduar las balanzas manuales han sido entregados desde hace algún tiempo con una película tratamiento de protección superficial no visible y que aún después del ligero pulido a que se somete el tubo, tiene como efecto aumentar considerablemente el porcentaje de rechazos en los tratamientos subsiguientes, hasta que tuvimos que arbitrarle nuevos métodos de pulido, de desenuague y de activado de la superficie. El fabricante de la plancha de latón, había mejorado el producto desde su punto de vista, dándole un tratamiento de protección temporal, pero el fabricante no había pensado en las posibles repercusiones en los tratamientos posteriores de acabado, produciendo desequilibrios, en los costos. Estos desequilibrios los detectará el industrial tanto más rápidamente cuanto más riguroso sea el control de los componentes del costo y, concretamente, la realización existente en cada momento entre la mano de obra y la producción obtenida por ella.

2.3.3 Materiales.

Se puede clasificar a efectos de su mas cómoda imputación al costo como sigue:

- Materiales Básicos.

Entre los cuales se encuentran los ánodos, abrillantadores, sales metálicas para baños, aditivos, etc. Su costo de los tratamientos puede representar un 70% al 90% de valor total de los materiales consumidos.

- Materiales Para El Pulido.

Pastas, discos, bandas, cepillos, filtros, abrasivos, colas, etc. El costo total en el tratamiento galvánico, puede variar en límites tan altos que los datos recogidos en la práctica casi nunca tiene significado alguno.

- Materiales Y Productos Químicos.

Comprenden productos simples preparados, pero empleados principalmente en operaciones pre, post-operatorias y, entre ellas destacamos la de decapado, desengrase, neutralizado, activado, pasivado, etc.

- Materiales Para Mantenimiento.

Incluimos aquí todos los productos y pequeños útiles de vida corta para limpieza, acondicionamiento, pequeñas reparaciones, etc. de taller.

Estos materiales imputados al costo son de bastante trascendencia, ya que el Costo Total del Tratamiento puede llegar al 50%. Por ello, han sido estudiados y ensayados muchos métodos de imputación, pero su aplicación choca continuamente con la presencia de frecuentes variantes en los factores que influyen notablemente en el costo de los materiales. Así, por ejemplo, al valor total de materiales consumidos puede variar senciblemente, sin que lo haga la facturación en idéntica proporción. Por otra parte, y dejando relaciones de precios en materiales básicos que muchas veces son difíciles de prever, existen otros factores que pueden dar lugar a un mayor o menor

valor del consumo de materiales, en unas mismas piezas y con un mismo o similar proceso. Entre estos factores citaremos el estado superficial del metal a tratar, los espesores, continuas y nuevas exigencias en calidad, etc.

Estas razones explican la importancia del control y registro por separado de los principales materiales consumidos en cada proceso, y así poder llegar a contar con lo que llamamos datos históricos que resultarán de gran valor.

En la Figura 10 podemos ver un Ejemplo de ficha de control mensual de materiales y su relación con la facturación y la mano de obra, lo que permite dar una idea del desarrollo del coste total directo. Esto nos permite, al más alto nivel y de una manera rápida aunque no exacta y sujet a varias consideraciones, tener una noción bastante realista de la marcha de la empresa.

2.3.4 Gastos.

En la Industria de los tratamientos los gastos pueden clasificarse en:

- a. Variables o de taller y;
- b. Fijos o Generales.

Los gastos variables teóricamente, sólo existen cuando se producen y por ello se clasifican también como gastos de taller. Los Fijos que son los que existirán sin producir, comprenden, por ejemplo, los sueldos del personal administrativo y el

alquiler. Así podemos decir que los gastos **variables** gactor de taller, **comprenden** los generados casi exclusivamente en el taller y a nivel de producción y Gastos generales o Fijos son los necesarios para crear y **mantener** la organización que permitirá el **normal funcionamiento** de la **Industria** y la obtención del **Beneficio** presupuestado.

Como **ejemplos** más característicos de gastos de taller señalaremos los siguientes:

- Salarios y Materiales empleados en la limpieza periódica en el mantenimiento del taller, máquinas, instalaciones, salarios y materiales para **mantenimiento** y reparación de útiles, bastidores, etc.
- Luz
- Agua
- **Carburantes**
- Fuerza
- Vehículos y gactor para el **acondicionamiento** y transporte de materiales
- Gastos en el **tratamiento** del agua para alimentación de los baños y de los **residuales**.
- **Reparaciones**.
- Recambio de útiles de vida corta.

Como gastos generales destacan los siguientes:

- Sueldos de dirección, Administración, Oficinas, etc.
- Gastos de oficina, material de escritorio, impresos, etc.

- Comunicaciones (teléfono, telegramas, télex, correos, etc).
- Gastos de viaje y gastos comerciales en general.
- Alquileres
- Gastos de mantenimiento de edificios, servicios, etc.
- Selecciones y Captación de personal, etc.
- Publicidad, propaganda, suscripciones, etc.
- Gastos Legales.
- Amortizaciones Generales
- Intereses de préstamos, financiación, etc.
- Letras, gastos de negociación
- Impuestos

Para la **imputación al costo de los gastos de taller**, son muchos los criterios seguidos, por lo general se establece el porcentaje que estos gastos representan sobre el costo total de la mano de obra, sobre los materiales o **sobre la facturación**, **partiendo** para ello de las estimaciones previstas en el presupuesto. Compleja resultaría la imputación por **ejemplo** de estos gastos directamente unas piezas o unidades de superficies tratadas, excepto en cromado cuando se trabajen y repitan grandes series de **piezas**, pero el **método más práctico** es el **del consumo total de corriente sobre toda la facturación**, obteniéndose a través del presupuesto el **porcentaje** que le **corresponde** y ajustándolo a tenor de los controles que deben llevarse a cabo en el curso del año.

2.3.4.1 Amortizaciones.

Entre los **gastos** fijos o **generales** el de las

amortizaciones creemos precisar alguna consideración al aplicarse en Industrias de Tratamientos. Es necesario de que la amortización responda dentro de lo posible a la vida realmente útil de los bienes o equipos de la empresa y facilite, por consiguiente las reposiciones del equipo.

Entre los bienes de un taller de tratamientos existen los que podemos calificar de vida realmente corta y dudosa como son las cubas auxiliares, filtros, calentadores, cestas, algunos baños galvánicos, etc. Otros que podemos asumir son de vida media, como es el equipo o línea completa de cubas para tratamientos manuales, las instalaciones de servicio, los elementos de transporte para mercancía, etc. Y por último existen los que podemos llamar de más larga vida, como son, por ejemplo, las instalaciones máquinas automáticas y algunos manuales para tratamientos mecánicos (pulido), químicos (desengrase), máquinas para limpieza, etc, los rectificadores, etc.

Un error en justa apreciación de las amortizaciones, puede llevar a cargar los costos exageradamente o por el contrario en una lenta pero continua descapitalización.

De lo indicado puede deducirse razonable una amortización en tres años para los elementos, que hemos calificado de vida corta, en 5 años para los de la vida media y por último los de la vida larga en 15 años. En la práctica, el promedio de porcentaje total de amortización en talleres oscila alrededor del 4%.

2.3.5 Beneficio.

Llamamos **beneficio** al margen o diferencia **entre** el costo y el **precio de facturación**, que, como en toda actividad industrial, **debe** existir con el fin de que con aquella diferencia, o sea, el beneficio o margen bruto, **puedan** cubrirse los gastos generales, si estos no se habían imputado directamente al costo **puedan** constituirse **o** aumentar las reservas; **puedan** cubrirse algunos posibles gastos **financieros de** estructura más que **de producción**, sea posible, atender los impuestos sobre beneficios, ya sea por evaluación **global**, ya sea por estimación directa, y obtener **finalmente** la remuneración adecuada **la inversión de capital empleado**.

En líneas generales podemos decir que el beneficio empieza producirse cuando la facturación ha cubierto la mano de obra, los materiales, los gastos de taller y los **gastos** generales.

En la **Figura 2** podemos ver el ejemplo de un gráfico, que permite determinar de una manera **rápida**, aunque sea sólo aproximadamente, el punto crítico de la facturación, sea, el **volúmen de facturación a partir del cual debe esperarse** el beneficio, mientras que debajo del mismo lo más probable es que se trabaje con pérdidas.

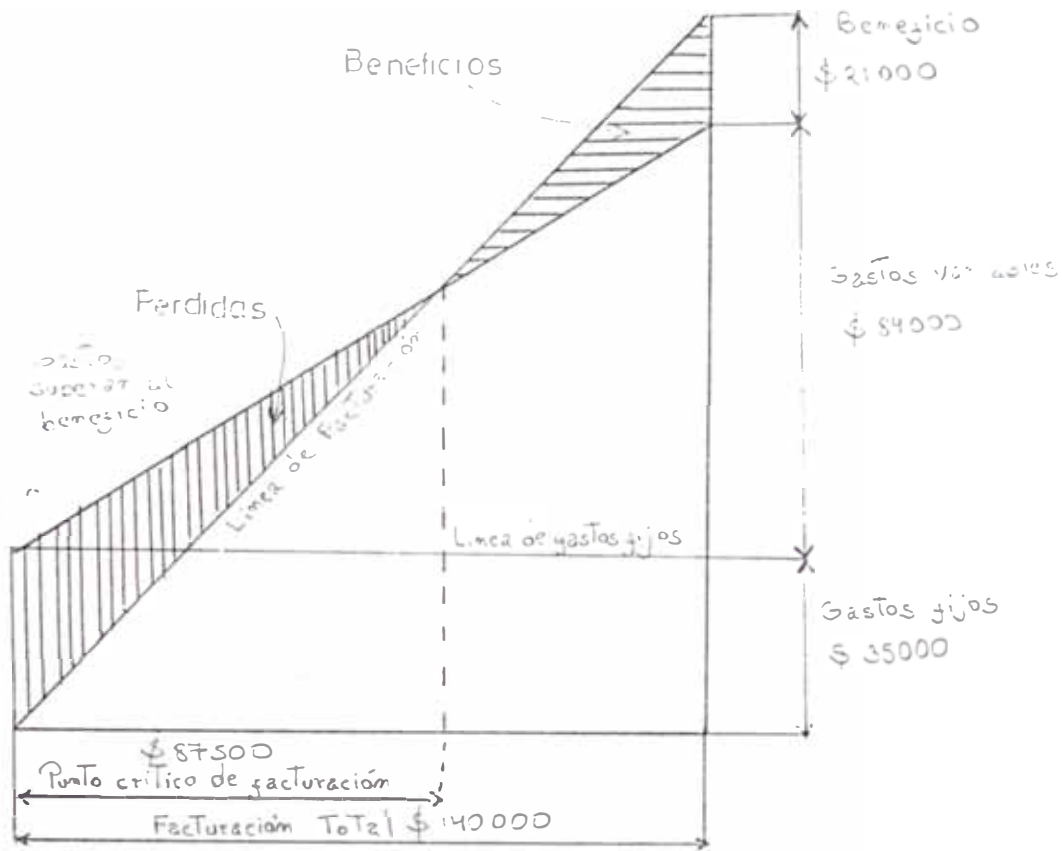


Figura 2

En el ejemplo expuesto en este gráfico imaginemos un taller de tratamiento con una facturación anual neta de 40,000 dólares, con 84,000 dólares de mano de obra, materiales y gastos variables, o sea, lo que podemos calificar de gasto directo, 35,000 dólares de gastos generales y un beneficio de 21,000 dólares antes de impuestos.

El costo en este ejemplo representa un 60% de la facturación y al rebasar esta el punto crítico o nivel de equilibrio de la facturación, que en este caso se halla en 87,000 dólares, es cuando empiezan a generarse beneficios.

Esta última cantidad se obtiene de dividir los gastos generales por el 40%, que es la parte de facturación que contribuye al beneficio. En el punto crítico de facturación de nuestro ejemplo, los gastos variables serían equivalentes al 60% de la facturación en aquel punto, o sea, 52,500 dólares quedando sin variación los 35,000 dólares de gastos fijos o generales que se supone no quedan afectados por la menor facturación.

Así pues, en este caso teórico, al bajar la facturación de 87,500 dólares pueden producirse pérdidas. Naturalmente, este método permite sólo dar una idea general pero rápida de la situación, pues muchos factores, y entre ellos los que afectan costos y precios, pueden haber variado en el curso del periodo estudiado, distorsionando los resultados, sobre todo cuando mas largo sea aquel periodo.

Vamos a señalar, título de orientación, unos porcentajes sobre la facturación que algunos industriales estiman que como promedios generales responden a la realidad, aplicables a piezas de planchas de acero salidas de reciente fabricación, con muy poco trabajo de pulido previo o repulido y tratadas en proceso normal de cobre-niquel brillante-cromo, con los espesores mas corrientes en la industria de cascos de licuadoras y cascos de planchas eléctricas.

Mano de Obra.....	15-25%	dólares/facturación
Materiales.....	30-50%	"

Gastos Taller.....	6-8 %	"
Gastos Generales.....	8-20%	"
Beneficios sobre facturación..	5-12%	"

2.3.6 Presupuesto.

El presupuesto viene a ser una cuenta de explotación, pero anticipada estimada. Sin embargo, las estimaciones presupuestarias no son, como podría parecer a primera vista, un simple íuez de imaginación sino que deben y pueden estar basados en hechos, situaciones, **informaciones**, estudios de mercado, de competencia, del **desarrollo de los sectores** concretos los cuales más se sirve, o sea, de aquellos de los cuales se es **más dependiente**, donde el empresario pueda tener una cierta visión más **menos general** de lo que pueda suponerse que va a ocurrir en los **próximos 12 meses**

El presupuesto es un ejercicio metódico de previsión y su establecimiento pone a prueba las **condiciones** de una persona para pensar y actuar como empresario **en éste y en** todos los campos. Además la organización de una industria partiendo del presupuesto anual, permite fijar a cada uno de los jefes o responsables, sus objetivos mínimos a **alcanzar** en su esfera de **actuación** y hacerles participes en alguna forma del éxito **logrado, por ejemplo, el mantener y superar la facturación, el mantener o mejorar el porcentaje de la mano de obra sobre la producción, mantener o reducir los porcentajes de gastos y, en resumen, llegar a alcanzar o mejorar por la acción de todos el beneficio presupuestado.**

A continuación, y como ejemplo, señalaremos algunas de las consideraciones tener en cuenta en cada partida del presupuesto en general y que pueden ser útiles, además, cuando va formularse el primer presupuesto, ya sea por iniciarse por primera vez en esta técnica de dirección control de empresas.

2.3.6.1 Facturación

El presupuesto anual tiene como punto de partida la facturación que se estima va a lograrse durante el año del presupuesto.

Muchas veces, en lugar de partir de una facturación anual estimada sólo por antecedentes de años anteriores, se parte de las capacidades de producción, pero tomando sólo hasta 75% de aquella capacidad. En efecto, si no existen razones fundadas para ello no es prudente admitir que durante todo el año va lograrse trabajar a plena capacidad de producción. En otros casos se parte de asignar a la hora de trabajo directo de una determinada capacidad de facturación y, a tenor de las horas anuales que se admite van a trabajarse, se llega a una cifra de facturación. Sin embargo, este método, que parece muy simple, sólo puede resultar bastante aproximado en el pulido y siempre exigirá contar con un buen caudal de datos históricos.

2.3.6.2 Mano de Obra.

La estimación anticipada de las horas anuales de trabajo su costo global, en principio, no presenta por lo general grandes problemas, pues para presupuestar el costo de mano de obra puede partirse de la nómina vigente.

En el presupuesto de mano de obra deberán tenerse en cuenta también posibles repercusiones por horas extras, por personal contratado a horas, por efecto de un previsible establecimiento eventual de turnos, etc; así como también las consecuencias de paros parciales con motivo de previsibles nuevas instalaciones, ampliaciones, modificaciones, traslados e, incluso, se prevee cierto porcentaje de "pérdida" de horas como consecuencia de inestabilidad social, ausentismo, etc.

2.3.6.3 Materiales.

El consumo de materiales básicos en los tratamientos galvánicos, relacionados con la facturación estimada por línea, podemos llegar a la estimación de consumos anuales prever en el presupuesto. Pero además, los datos históricos pesarán mucho en esta parte del presupuesto. El control de lo realmente consumido por semana o mes señalará la necesaria corrección o ajuste del presupuesto y de los factores porcentajes que se hubieran tomado para el cálculo de los costos.

2.3.6.4 Gastos

Las estimaciones presupuestarias de gastos no presentan muchas dudas, pero en el curso del año debe vigilarse la posible recuperación por variaciones en aquellos gastos, muchas de ellas difíciles de prever y casi siempre en alza.

2.3.6.5 Otras Previsiones.

Deben preverse las posibles repercusiones en el costo de incrementos del activo inmovilizado que puedan producirse en

el curso del año, ya sea por planes de renovación de equipo industrial, nuevas instalaciones, ampliaciones, etc.

CAPITULO III

FASES QUE INTEGRAN EL PROCESO DE CROMO BRILLANTE

3.1 GENERALIDADES.

La mayor cantidad de mermas se producen durante el proceso por desconocer cuando una pieza a tratar es inadecuada para su cromado. También por no usar en forma correcta los parámetros físicos y químicos de las soluciones electrolíticas.

Fallas producidas por el desconocimiento cuando un material a tratar está incorrectamente decbastado, pulido, desengrasado y con trazas de óxidos.

Fallas debido al inadecuado uso de los factores influyentes en la electrodeposición: densidad de corriente, agitación, temperatura, concentración, P.H., aditivos, etc.

Fallas debido a que las personas dedicadas a este negocio desconocen la función que desempeñan cada una de las sustancias que conforman las diversas soluciones electrolíticas.

continuación explicaremos en forma detallada la descripción del proceso y pautas para evitar las fallas anteriormente indicadas.

3.2 DESCRIPCION DEL PROCESO.

El proceso completo para la obtención de un recubrimiento metálico se indica en la figura 3 donde suele comprender varias operaciones, que podemos agrupar en las tres fases siguientes:

- a. Preparación de las piezas a recubrir. Comprende el proceso de desbastado y pulido.
- b. Tratamiento de las mismas con los correspondientes baños galvánicos. Comienza con el desengrase o en caso de que las piezas a tratar presente oxidación, con un decapado. Luego pasan a un enjuague neutralizado y otro enjuague de ahí pasan a un cobreado electrolítico en medio alcalino, con sus respectivos tres enjuagues. Luego sigue el proceso de cobreado electrolítico en medio ácido seguido de sus tres enjuagues. Enseguida sigue el níquelado electrolítico con sus tres enjuagues también; y por último el cromado electrolítico con sus respectivos enjuagues.
- c. Acabado final de las piezas. Comprende el proceso de secado, abrillantado y pasivado.

El diagrama de Flujo del Proceso se indica en la Figura 3.

A continuación describiremos estos procedimientos en forma más detallada.

3.3 PREPARACION DE LAS PIEZAS A RECUBRIR.

Se entiende así a la limpieza previa que es imprescindible ejecutar con prolijidad. Comprende las siguientes operaciones:

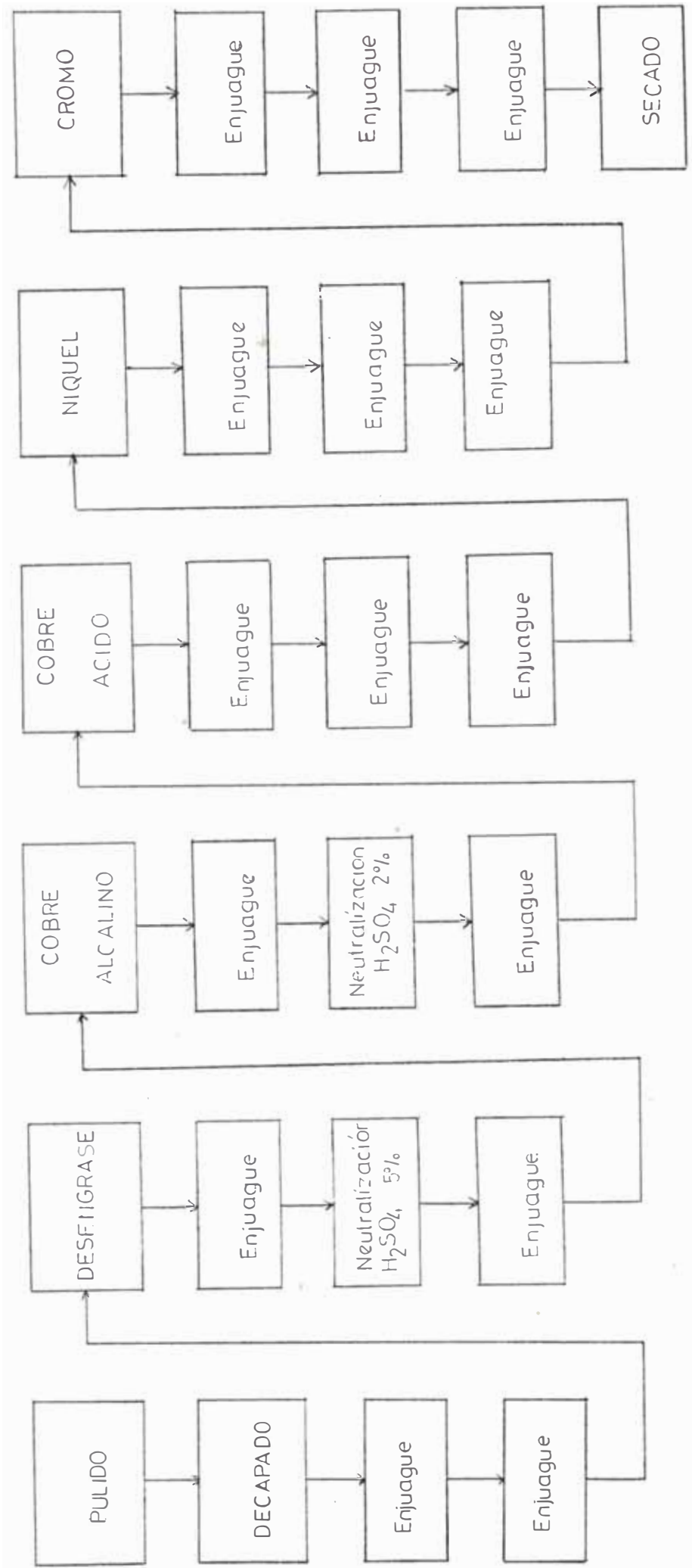


Figura 3
 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE CROMO
 BRILLANTE

- Desbastado o esmerilado
- Pulido
- Decapado
- Desengrasado

3.3.1 Desbastado.

Es la primera operación en que se somete la **superficie** de una pieza. En algunos casos, el desbastado no es **necesario** ya que el **objeto**, posee las adecuadas características de **tersura**; pero cuando el objeto posee **rebabas**, escamas, costras, **es** preciso eliminarlas, a fin de que su superficie quede convenientemente **preparada para el pulido posterior.**

Para llevar a cabo la operación del desbastado se utilizan, desde muelas (discos sólidos) de distinto grano hasta discos de filtro impregnado de esmeril, **tierra trípoli**, **piedra pómez**, además productos elaborados con polvo de aleaciones de boro y **vanadio.**

Las muelas y discos empleados **en el desbastado para** realizar esta operación son sometidos a un movimiento giratorio en un eje, oscilando entre 800-4500 revoluciones/minuto. La operación manual, que **es utilizado comunmente** en los talleres galvanotécnicos, la pieza se pone en contacto con la muela o disco en movimiento, **produciendo** esta fricción una serie de **rayas** que nivelan poco a poco su **superficie, hasta obtener** una superficie **uniforme.**

El **tamaño del grano empleado** oscila, según la ASTM, **entre** 10 - 30.

3.3.2 Pulido.

La Operación que sigue al desbastado es el pulido propriadamente dicho, que tiene por objeto alisar la superficie de un metal, ya sea mecanicamente (máquinas pulidoras) o electrolíticamente. Pueden diferenciarse tres tipos algo diferentes de pulido:

- a. Pulido esmerilado que precede al desbastado donde se emplean granos cuyos tamaños oscilan entre 80 - 120.
- b. El pulido suave (repulido) que sigue al pulido-esmerilado que emplea materiales de granos más finos, oscilando entre 120-200.
- c. El pulido abrillantado que se utiliza muy poco y antecede el tratamiento en los baños galvánicos, el grano utilizado posee una extraordinaria finura, de 200 - 220 en adelante.

3.3.3 Desengrasado.

Cuando las piezas llegan a una taller galvanotécnico están recubiertas, generalmente, de una película de grasa producto de la mecanización de las mismas. Por otro lado en los procesos de desbactado o pulido, estas piezas quedan impregnadas de restos de pasta de pulir esmerilar, cuya eliminación es preciso proceder ya que ello impedirá la depositación del metal sobre dicha superficie.

El limpiado perfecto es imprescindible para asegurar la adherencia satisfactoria del depósito al metal-base. Estas industrias operan el desengrase por 2 procedimientos.

- Desengrase con disolventes orgánicos, y luego
- Desengrase electrolítico con soluciones alcalinas.

a. Desengrase Con Disolventes Orgánicos.

Este tipo de desengrase es muy recomendable para una primera eliminación de las materias grasas y aceites. Con este fin se han empleado diversos disolventes: bencina, petróleo, tolueno, gasolina, kerosene, etc. que han sido sustituidos por otros compuestos menos inflamables, como el tricloroetileno, percloroetileno y el tetracloruro de carbono. El más utilizado por su menor costo es el kerosene.

b. Desengrase Electrolítico.

Este desengrase se realiza en una solución alcalina caliente que debe funcionar de tres maneras; por:

- Emulsión
- Peptización
- Saponificación

b.1 Emulsión.

Consiste en la formación de una mezcla de minúsculas partículas de un líquido suspendido en otro.

b.2 Peptización

Es la conversión de las partículas de impurezas sólidas a una forma finamente dividida, en la cual son fáciles de eliminar.

b. Saponificación.

Es la formación de un Jabón soluble en agua, de forma que el artículo pueda limpiarse mediante un simple enjuague.

Mediante este procedimiento de limpieza, los objetos a tratar, suspendidas de barras anódicas o catódicas son tratadas en una solución electrolítica, través del cual se produce el paso de corriente eléctrica. Una vez sumergido el artículo en la solución, los aceites y grasas animales y vegetales se saponifican. Los coloides en suspensión ejercen una acción **estegranate desprendiendo** por acción mecánica la impureza sólida y hidrocarburos, que entonces son **peptizados** y emulsionados y pueden eliminarse rápidamente por medio de un lavado.

En algunos casos y para ciertos metales (Fe y Cu) se utiliza el tratamiento anódico, más eficaz que el catódico, pues evita el picado de la pieza por desprendimiento de hidrógeno y depósito de la misma de las impurezas presentes en la solución. En cambio los metales no férricos son fuertemente atacados, **debiendo** emplear el tratamiento, debiéndose emplear el **tratamiento** catódico.

Los **compuestos empleados** para la preparación de estas soluciones alcalinas son de tipo muy diverso, **incluyendo** desde álcalis fuertes: Hidróxidos sódicos, hasta los más débiles: **carbonatos** sódicos, fosfato sódico, silicato sódico y agentes tensioactivos, además de compuestos cianurados.

3.3.4 Decapado.

La mayor parte de los metales, debido a la acción de los gases que rodean su medio ambiente (oxígeno, anhídrido carbónico, vapor de agua, cloro, anhídrido sulfuroso, etc) se recubren de una capa más o menos grande de óxido u otro compuesto químico insoluble (Carbonato, Cloruro, sulfuro, etc.) La operación por el cual se elimina estas capas recibe el nombre de decapado.

Para realizar esta operación se han utilizado diversos tipos de ácidos, según la clase de metal de que se trate o la clase de impureza eliminar. De todos ellos, los más empleados para fines generales y económicos, han sido los ácido clorhídrico y sulfúrico y llevando muchas veces diversos aditivos que actúan como inhibidores.

La concentración de la solución de ácido sulfúrico empleada varía desde 4 hasta 18% en peso, pudiendo acelerar su acción mediante aumento de la temperatura. La concentración de las soluciones clorhídricas utilizadas para el decapado con este ácido oscila entre un 6 un 20% en peso de ClH, pudiendo trabajar temperatura ambiente o bien a 45 °C.

El decapado con ácido clorhídrico es más caro que el decapado con ácido sulfúrico, sin embargo es más rápido.

3.4 TRATAMIENTO DE LAS PIEZAS CON LOS CORRESPONDIENTES BAÑOS GALVANICOS.

3.4.1 Formación De Un Depósito Electrolítico.

El mecanismo real no está completamente explicado, aunque se ha progresado mucho en su estudio en estos últimos años, presentaremos un panorama real del proceso a la luz de las teorías últimamente aceptadas.

El proceso electrolítico de la deposición de metales consiste, en que mediante el paso de corriente eléctrica continua a través de una solución conteniendo primordialmente iones de un metal, se produce en uno de los dos electrodos en contacto con la solución, llamada "cátodo", la descarga de dicho metal, al propio tiempo que en el otro electrodo, llamado "ánodo" (constituido por el metal a depositar), se produce la disolución parcial del mismo.

Se produce esta deposición metálica mediante el fenómeno de descarga de iones, las etapas de electrodeposición metálica al crecimiento de los electrodepósitos.

Descarga de iones.

Las soluciones electrólito contienen al metal en forma iónica, cuando se aplica un potencial los dos electrodos sumergidos en la misma, los iones cargados eléctricamente se ponen en marcha hacia uno de los dos electrodos; Los iones

metálicos cargados positivamente (cationes) se dirigen (emigran) hacia el polo negativo (Cátodo) y los iones cargados negativamente (aniones) se mueven hacia el polo positivo (ánodo), transportando de este modo la corriente eléctrica.

En estos electrodos, positivo negativo, y por el paso de la corriente eléctrica, se producen fenómenos electroquímicos de oxidación **reducción**: el primero de ellos en el ánodo y el **segundo en** el cátodo, ligados ambos fenómenos a una variación de la valencia, **es decir**: el número de electrones-valencia libre. Así, en el caso del níquel, este metal **cede** 2 electrones, en el ánodo, y pasa al estado iónico: $Ni^0 \rightarrow Ni^{++} + 2e^-$ y, su vez, toma 2 electrones, en el cátodo, **pasa al** estado de metal, depositándose allí: $Ni^{++} + 2e^- \rightarrow Ni^0$

3.4.2 Formación de Los Recubrimientos Electrolíticos Brillantes.

Según los Autores Blum y Rawdon, el proceso de la formación de los primeros gérmenes cristalinos descansa en tres postulados **fundamentales**:

1ro La descarga de los Iones sobre el cátodo y la cristalización del metal a depositar son simultáneas. **Es decir**, el ión metálico no se transforma en átomo perdiendo su carga hasta que entra en contacto con el cátodo, fijándose entonces definitivamente en el punto del mismo en que se efectuó el contacto.

2do La presión o tensión de disolución depende del grosor del cristal metálico considerado. En cualquier punto del cristal, las fuerzas atractivas que mantienen los átomos del metal en una posición fija y perfectamente determinada deben contrarrestar la tendencia de los mismos a pasar a la disolución, tendencia que mide la presión de disolución.

Esta presión de disolución debe ser, pues, mayor para un átomo insoluble que para un cristal pequeño, y mayor, a su vez, para un cristal pequeño que para otro mayor.

3ro La descarga de los iones se realiza en los puntos del cátodo donde la diferencia de potencial solución-cátodo es mínima, semejantemente lo que ocurre con dos metales, ambos con la misma concentración iónica, contenidos en una solución, depositándose en primer lugar el más electropositivo de los dos.

Basándose en estas Consideraciones, podemos suponer que los iones del Metal al principio, se descargan en toda la superficie del cátodo, "sembrándolo" de tomos insolubles, que sirven de primeros gérmenes cristalinos. Si el empobrecimiento de la película catódica no es muy grande, los iones metálicos, en virtud al primer y segundo postulado, seguirán descargándose únicamente sobre esos gérmenes primeramente formados, lo que da lugar un progresivo empobrecimiento de la película líquida catódica en contacto con los gérmenes, pudiendo llegar a ser tal que en cumplimiento del tercer postulado, se formen nuevos gérmenes cristalinos.

3.4.3 Característica De Un Depósito Electrolítico Brillante.

Un depósito Brillante está caracterizado por el hecho de que, al incidir sobre su superficie, un haz de rayos luminosos, estos no son difundidos uniformemente en todas direcciones (como ocurre en una superficie mate, tal como el papel) sino que estos rayos son fuertemente reflejados en una dirección, comportándose, en suma, tal recubrimiento como un espejo.

De acuerdo con las leyes ópticas de la reflexión, la superficie es tanto más brillante cuanto menos difunda la luz y cuanto más la refleje, es decir, cuanto más geométrica se haga la reflexión.

Supongamos que un rayo luminoso procedente de un punto S, incide sobre una superficie plana XY. Si esta superficie es perfectamente liza, el rayo se reflejará en el punto A de la misma y seguirá el camino AP. Pero, si la superficie no es perfectamente liza existe alguna rugosidad, el rayo luminoso incide sobre ella, reflejándose en el punto B y sobre el punto A, como anteriormente ocurrirá.

Si la diferencia de marcha entre los rayos SAP y SBP es pequeña comparativamente con la longitud de onda del rayo luminoso incidente, el efecto del rayo luminoso en P después de la reflexión sobre la rugosidad, es el mismo que después de la reflexión sobre la superficie liza. La Figura 16 muestra que la

diferencia de marcha de los rayos SAP y SBP, está ligada a la altura de la rugosidad de la superficie, por la relación siguiente:

$$SAP - SBP = 2h \cos \theta$$

Siendo:

h = Altura de la rugosidad.

θ = Angulo de incidencia.

que la reflexión geométrica de una onda luminosa debe satisfacer la relación siguiente:

$$\lambda \rho = \tau \cos \theta$$

Siendo:

λ = Longitud de Onda de la luz

ρ = Fracción muy pequeña

Para la luz visible podemos considerar como valor de la longitud de onda el siguiente:

$$\lambda = 5000 \text{ \AA} = 0,5 \mu$$

Si suponemos que $\rho = 0,1$ y $\theta = 90^\circ$ la relación última nos da el siguiente valor de h :

$$h = 0,025 \mu$$

De todo ello se deduce que, para obtener un brillo "especular", es preciso que la altura de rugosidad sea 20 veces más pequeña que la longitud de onda media de la luz visible, siempre que la incidencia sea normal.

3.4.4 Factores Influyentes en la Electrodeposición.

Entre los factores o parámetros influyentes en la electrodeposición son los siguientes:

- a. Naturaleza y Estado superficial del metal-base (cátodo).
- b. Densidad de corriente.
- c. Agitación del Electrolito.
- d. Temperatura.
- e. Concentración de iones metálicos
- f. Concentración de iones hidrógeno (PH)
- g. Agentes de adición.

a. Naturaleza y Estado Superficial del Metal-base {cátodo}.

Cuando el metal-base no es idóneo para el recubrimiento que se pretende dar, la estructura cristalina no será la adecuada y deseada, llegando a un punto crítico cuando se desee obtener un electrodepósito de poco espesor, reproduciéndose en este caso el recubrimiento todas las características, mate, rugosa, o brillante, que presente la superficie del metal-base. Finalmente una buena preparación de dicha superficie (desengrasado, desoxidado, pulido, etc.), antes de su recubrimiento favorece considerablemente su posterior **abrillantamiento**, ya que solamente sobre superficie completamente lisas, y pulidas hasta

el alto brillo, puede obtenerse ordinariamente recubrimientos de las mismas condiciones.

b. Densidad de Corriente.

Es evidente que una variación en la densidad de corriente involucrará una variación en el empobrecimiento de la película líquida catódica. Un aumento de dicha densidad de corriente, provoca un mayor empobrecimiento de la película líquida catódica, obteniéndose estructuras finas, debido a la continua aparición de gérmenes cristalinos.

Así pues, cuanto mayor sea la densidad de corriente mayor será el brillo del depósito obtenido; sin embargo, existe un máximo para esta densidad de corriente que al sobrepasarse produce depósitos quebradizos, debido a la aparición de formas cristalinas esponjosas.

c. Agitación del Electrolito.

La agitación favorece los cambios entre la capa zona catódica y el resto del electrolito, es decir, contribuye a una mayor difusión de los iones metálicos y disminuye las polarizaciones de concentración, contrarestando así el empobrecimiento de dicha película catódica. Por otra parte, la agitación expulsa parcialmente las burbujas de hidrógeno que se forman en la superficie del cátodo, y permite, además, una elevación de la densidad de corriente.

d. Temperatura.

Un aumento de la temperatura del electrolito se traduce en una facilitación de la difusión y en una disminución o anulación del desprendimiento del hidrógeno sobre el cátodo. Por otra parte, permite la utilización de densidades de corriente mayores. Trae todo ello como consecuencia un aumento de la movilización de los iones metálicos (conductividad más alta de electrolito) y una disminución de la viscosidad de la solución con un mayor reaprovisamiento de la capa o zona catódica, dando ello a la formación de depósito brillante y de grano fino.

e. Concentración de Iones Metálicos.

La electrodeposición se produce a partir de soluciones que lleven disueltos compuestos de esos metales, la composición más conveniente de una solución-electrolito será aquella que posea pocos iones a depositar y muchas moléculas no disociadas dispuestas a disociarse rápidamente, liberando de esta manera iones metálicos que sustituirán los que desaparecen de la película líquida catódica durante la electrólisis. Cuanto más pequeña sea la concentración de los iones metálicos, dentro de ciertos límites naturalmente, tanto más fino será el grano del depósito (ya que aumentará la difusión). Esta disminución de la concentración iónica no debe conseguirse a costa de las sales metálicas componentes de la solución electrolito, sino a costa de la concentración, lográndose ello mediante utilización como componente del electrolito de sales complejas pocas disociadas (cianuros complejos del metal) o bien mediante utilización de

sales con un ión común con la sal metálica principal, de modo que no se cumpla la ley de acción de masa (como por ejemplo Na_2SO_4 o $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ en baños de níquelados preparados con NiSO_4)

f. Concentración de Iones Hidrógeno (PH)

Esta influencia se pone de manifiesto, sobre todo cuando el metal a depositar es electronegativo, ya que el electrolito debe contener entonces suficiente iones H^+ para evitar la formación de hidratos y sales básicas poco solubles (ya que darían lugar a depósitos esponjosos), y al mismo tiempo no debe contener tantos que su abundancia haga que se descarguen en el cátodo.

Para regular esta concentración en iones H^+ se acostumbra a emplear sustancias que actúen como "tampones", constituidas generalmente por ácidos muy poco disociados. La disminución del PH produce abundante desprendimiento de hidrógeno en el cátodo, así mismo indeseable.

g. Agentes de Adición.

Se aplica el término "Agente de Adición" o "Aditivo", en general, todos aquellos compuestos de naturaleza química diversa que, añadidos a la solución-electrolito en cantidades pequeñas, son capaces de modificar la textura cristalina del depósito, dejándola más fina regular.

Se suelen referir con este nombre los "abrillantadores", sustancias capaces de producir electrodepósitos de alto brillo, pueden impedir físicamente o bien influir el modo de crecimiento

en la **superficie del depósito**. Al absorberse en puntos de elevada densidad de corriente (fuerte **sobretension**), los aditivos inhiben el crecimiento en punta, "nivelando" así, la superficie del depósito. De modo semejante, cuando los aditivos se **absorben** en puntos de **baja** sobretensión, inhiben el crecimiento lateral, afectando a la estructura del **grano del depósito**. Los aditivos del primer tipo suelen denominarse agentes nivelantes, que pueden absorberse reversiblemente sobre las puntas, y los del segundo tipo agentes afinadores de **grano**, que se **absorben** irreversiblemente, **siendo** ocluidos en el depósito en crecimiento.

Otro tipo de aditivos son los llamados agentes humectantes, que se utilizan para "mojar" la **superficie** catódica, reduciendo la **tensión superficial en las** burbujas de hidrógeno **los** cuales **pueden** desprenderse o soltarse con más facilidad, evitando así el pernicioso efecto denominado **comúnmente** "Picado", especialmente en electrodepósitos **de níquel**. En efecto una **burbuja** que quede, parcialmente ocluido puede producir un **hoyo microscópico en el electrodepósito**.

3.5 TRATAMIENTO DE LAS PIEZAS EN LOS CORRESPONDIENTES BAÑOS GALVANICOS.

Comprende las siguientes Operaciones:(ver Figura 17)

- Cobreado en medio alcalido
- Cobreado en medio ácido
- Niquelado
- Cromado

3.5.1 Cobreado.

La aplicación principal de este tipo de recubrimiento reside en el hecho de constituir un magnífico depósito intermedio para el níquelado y posterior cromado de muchos metales, además que en la directa protección que contra diversos agentes corrosivos, proporciona al hierro y sus aleaciones.

El cobre es, según sean las sales, monovalentes bivalentes. En la práctica, las dos sales más utilizadas para la preparación de los baños de cobreado son el sulfato cúprico $SO_4Cu.5H_2O$ (Cobre bivalente), y el cianuro cuproso $CuCN$ (Cobre monovalente). Conviene advertir que los baños ácidos al sulfato no son directamente utilizables para la aplicación de cobre sobre hierro, zinc u otros metales situados por encima del cobre en la serie de fuerzas electromotrices, puesto que obtienen recubrimientos esponjosos y sin adherencia. Se emplean, pues, muy ampliamente baños al cianuro, que permiten obtener buenas aplicaciones sobre el acero, el hierro fundido, etc. Estos recubrimientos pueden, por otra parte, ser reforzados por electrólisis en los baños al sulfato, cuyo rendimiento es mejor.

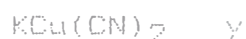
Cobreado Alcalino.

Los recubrimientos son de grano fino, extraordinariamente adherentes al hierro, zinc, aluminio, etc. y cubren bien. La buena adherencia procede probablemente de que los cianuros alcalinos que contienen disuelven los óxidos, desengrasan y al mismo tiempo actúan como pasivadores del hierro, zinc y

aluminio. El principal componente de los baños de cobre alcalino-cianurados es el cianuro de cobre, unido al cianuro sódico como sal compleja.



la sal plástica



Y una determinada cantidad de cianuro alcalino libre. Casi todos los baños de cobre alcalino-cianurados están formados por la doble combinación cobre-sodio, por ser el cianuro sódico más barato que la correspondiente combinación de potasio.

Composición De La Solución.

Un baño universalmente muy utilizado es el que tiene por ejemplo la siguiente composición:

	En preparación	En uso
Cianuro de Cobre (cobre metálico)	55 g/l 39 g/l	- 35-45 g/l
Cianuro de Sodio (Cianuro libre de sodio)	75 g/l 15 g/l	- 15-20 g/l
Carbonato de sodio	30 g/l	menos de 70 g/l

Anodos.

Se usan ánodos de cobre electrolítico. Su superficie por lo menos debe ser igual a la de los artículos.

Densidad del Baño : 13 - 16 Be

pH del baño : 9.5 - 10.5

Temperatura del baño : 20 - 40 C°

Densidad de Corriente: 0.6 - 1.0 amperios / dm²

Tensión del Baño : 1.0 - 3.0 voltios

Cianuro de Cobre.

Es la sustancia que nos va a proporcionar los iones cobre. El contenido de cobre del baño debe ser por lo menos de 20 g/l, de lo contrario produce recubrimientos porosos y una disminución del rango de densidades de corriente. Al incrementar el contenido de cobre, aumenta el rendimiento de corriente anódica como la catódica hasta un máximo de 63.57 g/l de cobre, si sigue aumentando decrece rápidamente el rendimiento de la corriente anódica, un poco de catódica. esa concentración el cobreado es oscuro, rugoso y esponjoso por lo que no se aconseja trabajar en el límite superior, sino pasar sólo un poco por encima de 40 g/l.

Cianuro de Sodio.

En el estudio de cualquier baño galvanizado al cianuro deben emplearse los siguientes términos:

Cianuro Total: Es el contenido del Ión activo de cianuro CN, en cualquier forma.

Cianuro Total Combinado: Es el que está presente en compuestos activos complejos o iones.

Cianuro Alcalino Total Combinado: Es el cianuro alcalino que se combina con el cianuro combinado de metales pesados.

Cianuro Metálico: Es aquel combinado y computado de los metales pesados presentes.

Cianuro Libre: El baño de Cobre alcalino-cianurado precisa sobre la cantidad de cianuro necesario para formar el complejo de cobre otra cierta cantidad conocida por cianuros libres, por los siguientes motivos:

1. Por la acción del ácido carbónico del aire, se descompone constantemente algo de cianuro sódico según la ecuación:



Además, una parte del cobre se depositaría por la transformación del cianuro sódico, como cianuro cuproso insoluble o como hidróxido cuproso, y para que esto no ocurra, siempre debe existir un pequeño excedente de cianuro alcalino.

2. Si el baño contuviera poco cianuro sódico, los ánodos se recubrirán de una costra insoluble de CuCN , reduciendo extraordinariamente el rendimiento electrolítico anódico, y

el baño se empobrecería mucho de cobre. Pero como, por otra parte, el **rendimiento electrolítico** catódico disminuye mucho con un gran exceso de cianuro sódico, es preciso que esta **cantidad complementaria** esté siempre medida con exactitud para que el baño funcione correctamente

Carbonato Sódico.

Cantidades moderadas de carbonato son útiles para disminuir la resistencia, pero un exceso puede causar depósitos asperos y una pobre corrosión del ánodo, por ejemplo sobre 60 g/l, debe ser reducido. Todos los baños al cianuro especialmente al calentarse, se forman carbonatos. Estos pueden ser resultados de la absorción directa de bióxido de carbón del aire.



y de la oxidación del cianuro que ocurre especialmente si se usan ánodos insolubles.



Se han utilizado tres métodos para su eliminación:

1. Disminuyendo la temperatura a -3°C cuando la sal hidratada, $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, se cristaliza.
2. Agregando sal de Bario (cianuro de bario, hidróxido de bario) para precipitar el carbonato de Bario.

3. Adición de sulfato de calcio hidratado (yeso, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) esto produce una cantidad equivalente de sulfato de sodio.

Soda Cáustica.

Es muy recomendable que todos los electrolitos sean formulados y mantenidos con soda cáustica, sobre todo para mantener dentro del rango al PH. Concentraciones debaj del rango recomendado puede resultar en una insuficiente corrosión del ánodo y conductividad pobre, y concentraciones mayores de las recomendadas aumenta la dureza del depósito.

Cobreado en medio Acido.

En el recubrimiento electrolítico acido el cobre lo hace en for divalente. Los dos componentes esenciales son: sulfato de cobre y ácido sulfúrico.

Composición de la solución:

	En Preparación	En Uso
- Sulfato de Cobre	220 g/l	
Acido Sulfúrico	60 g/l	50-65 g/l
- Cloruro de Sodio	0.12 g/l	
Cobre Metálico	54 g/l	50-60 g/l
Iones Cloruro	0.075 g/l	0.07-0.15 g/l

Anodos.

Se debe usar únicamente ánodos de sección elíptica, de cobre especial con un contenido de fósforo de 0.02 hasta 0.06 %. Otros ánodos pueden llevar a la formación de un barro difícilmente filtrable, que origina asperezas e incrustaciones en la superficie de las piezas.

Densidad de baño : 21 °Re

Temperatura del baño : 20-35 °C

Densidad de Corriente: catódica- 3-5 Amp/dm²

anódica- no debe exceder 2.5 Amp/dm²

Tensión del baño : 1 - 6 voltios

(de acuerdo al tamaño del baño y de la carga)

Sulfato de Cobre.

Esta sal proporciona los iones cobre. Aumentando la concentración de sulfato de cobre es posible incrementar la densidad ampérica, especialmente si se acompaña con agitado enérgico. Las concentraciones permisibles y las proporciones de sulfato de cobre y del ácido están limitadas por el hecho de que el aumento del ácido sulfúrico disminuye la solubilidad del sulfato de cobre, para 45 %/l y 82 %/l de ácido sulfúrico se alcanza saturación de alrededor de 307 g/l y 277 g/l respectivamente de sulfato de cobre.

Acido Sulfúrico.

Tiene que desempeñar varios cometidos en el baño de cobre, mejora de manera notable la conductividad de la disolución de cobre. Disminuye la disociación del sulfato de cobre y sobre todo la concentración iónica de cobre monovalente que se encuentra en el electrolito junto con los bivalentes o que se forman partir de estos últimos por descargas parciales, que conducen a la precipitación de óxido cuproso (evita la precipitación de sales básicas cuprosas o cúpricas)

Cloruro.

El contenido de cloruro es importante para el buen trabajo del baño. Si es demasiada alta entonces la densidad de corriente que se puede obtener ya no es tan alta, ya que podrían ocurrir quemaduras y en el caso contrario comienza la polarización de los ánodos.

3.5.2 Niquelado.

El níquel es un metal blanco lustroso, que no se mancha ni corroe fácilmente. Su aplicación principal es como base para el cromado decorativo y contribuye en gran parte, al realce del cromado. Como en la mayor parte de los casos al recubrimiento de níquel se deposita una capa intermedia de cobre que, es un metal más noble que aquellos, el níquel protege entonces al hierro de un modo perfecto contra la corrosión. Sin embargo, estos recubrimientos brillantes por conservar inalterable su brillo durante un largo espacio de tiempo, pueden ser utilizados sin dicho tratamiento posterior. Su limitación de su uso estriba en el elevado costo, razón por la cual se procura reemplazarlo por otro metal más barato.

Su tonalidad brillante permite agregar detalles decorativos a piezas elaboradas de utilidad práctica, este efecto es tan notable que convierte en brillantes las películas de cadmio, cromo, rodio, paladio, bronceado, plateado y dorado aplicadas sobre níquel.

Composición de la solución:

Normalmente son usados 2 tipos de baños electrolíticos de níquel.

1. Baño tipo Watts (alto en sulfato)

	En Preparación	En Uso
- Sulfato de níquel	300 g/l	250-320 g/l
- Cloruro de níquel	60 g/l	50-65 g/l
- Acido Bórico	40 g/l	40-50 g/l

Como la finalidad buscada es obtener el mayor espesor de un mínimo de tiempo, debemos trabajar a altas densidades de corriente. Esto sólo es posible lograrlo con soluciones electrolíticas altamente concentradas en metálico y a temperatura para disminuir la resistencia eléctrica del medio. Pero al depositarse el metal sobre el cátodo, se forma una película de solución empobrecida que hay que remover para evitar la formación de hidrógeno en reemplazo del níquel y poder de esta forma seguir con las altas densidades de corriente utilizadas. Lograremos esta remoción, con la agitación del electrolito o con movimiento oscilatorio del cátodo. Este rendimiento está encuadrado dentro de los límites del 95-99%. El rendimiento anódico se ve influenciado por los mismos factores siendo muy importante el PH, con un valor de 3.0 el más óptimo, ya que a PH mayores de 4.0 baja el rendimiento hasta la total pasivación del ánodo con el consiguiente desprendimiento de oxígeno y/o cloro si hay presencia de cloruros.

Densidad del baño:	23 °Be	20-25
PH	: 4.5 (papel Lyphan)	4.0-4.6
Temperatura	: 60 °C	50-60
Densidad de Corriente:	Catódica	4-6 A/dm ²
	Anódica	2-5 A/dm ²
Tensión del baño	: (dependiendo del baño y de cantidad de carga)	4-8 voltios

2. Baño de Alto Cloruro.

	En Preparación	En USa
- Sulfato de níquel	80 g/l	70-85 g/l
- Cloruro de níquel	225 g/l	200-250 g/l
- Acid Bórico	40 g/l	40-50 g/l

Estos baños presentan notables propiedades. Ante todo su resistencia es la mitad que la del baño de sulfato de níquel, lo que representa un ahorro de energía eléctrica. Los ánodos en los baños de cloruro se disuelven fácilmente no se pasivan. Los recubrimientos obtenidos son de grano fino, relativamente duros, lisos, compactos y menos dúctiles que los precedentes del baño de Watts y presentan pocos poros. Son aplicados cuando se desean conseguir un mejor brillo y una mayor nivelación con recubrimientos de níquel relativamente delgados en poco tiempo y por lo tanto con densidad de corriente altas.

rango

Densidad del Baño:	21 °Be	20-25
PH	: 2.5	2-3.5
Temperatura	: 45 °C	40-60

Densidad de Corriente:	catódica	2.5-12 A/dm ²
	anódica	2-3 A/dm ²
Tensión	:	4-8 Voltios

Sulfato de Níquel.

Proporciona los iones níquel y controla el límite de corriente permisible.

Cloruro de Níquel.

Aporta los iones cloruro necesarios para la disolución del ánodo.

Acido Bórico.

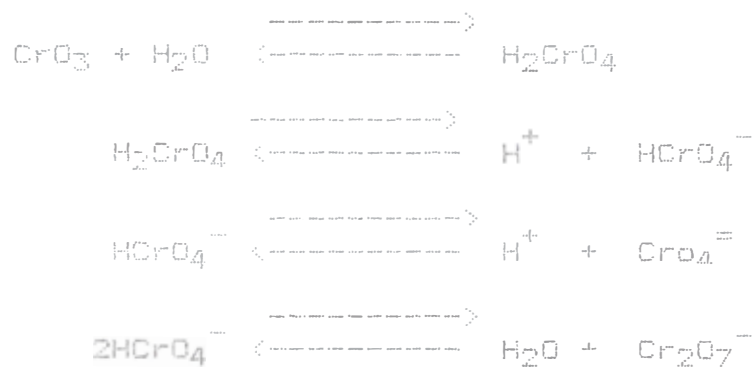
Actúa controlando el PH y ayuda a mantener la brillantez, ductibilidad y adhesión del depósito de níquel. Muy posiblemente en la interfase catódica tenga un PH más elevado, a PH 5,0 el ácido bórico compleja el níquel y ese compuesto realiza el trabajo del tampón.

PH.

Cuando el PH aumenta hasta 6.5 punto isoeléctrico del hidróxido de níquel, aparece en la disolución dicho hidróxido. Con ello la solución se empobrece en níquel y se enturbia, se deposita compuestos básicos de níquel, aumento de la densidad de corriente, temperatura reducida, alta concentración de metales y fuerte polarización del metal, favorecen la separación de compuestos básicos y, con ello, la formación de recubrimientos duros. Por otra parte la disolución no debe ser demasiada ácida por que se favorecería el desprendimiento de hidrógeno.

3.5.3 Cromado.

Se designa con el nombre de cromado al recubrimiento de piezas mediante una película de cromo, de tonalidad azulada. En general se aplica encima del níquelado puede servir con fines decorativos o industriales. El cromado se realiza en baños de ácido crómico y ánodos insolubles, en cuyo electrolito el cromo se encuentra al estado exavalente, de acuerdo a las siguientes reacciones:



En realidad como es sabido, la superficie del cromo permanece brillante en la atmósfera, porque se transforma en "pasivos" probablemente por la formación de una delgada película transparente de óxido u oxígeno absorbido.

Composición de la Solución:

	En Preparación	En Uso
- Acido Crómico	350 g/l	200-400 g/l
- Acido Sulfúrico	1.84 g/l	0.72-2.3 g/l

		rango
Densidad del baño	: 28 °Be	18-32 °Be
Temperatura	: 38 °C	30-42 °C
Densidad de Corriente:	catódic	5-25 A/dm ²
Tensión	:	3-6 voltios

Anodos.

Como ánodos se usa aleación de plomo-estaño (con 7% de estaño), la superficie anódica debe ser igual hasta el doble de la superficie de las piezas.

Acido Sulfúrico.

El electrolito con ácido crómico puro no se logran depositar galvánicos, debiendo contener iones sulfúricos, la misión de estos iones se supone es catalítica y deben guardar una cierta relación con el contenido de ácido crómico, rara vez inferior a 100 la proporción CrO_3/SO_4 .

La densidad amperica correspondiente a la relación CrO_3/SO_4 próxima a 100 decreciendo ligeramente para mayores valores y mucho más para los menores.

Temperatura.

El poder penetrante de los baños de cromo disminuye con la temperatura para determinar densidad amperica y aumenta con esta última según sea la temperatura. Al aumentar la temperatura del electrolito disminuye el rendimiento de la corriente pero aumenta la conductividad, decrece la dispersión y se ensancha el intervalo dentro del cual puede variar la densidad amperica.

Concentración.

Un aumento en la concentración incrementa la conductividad hasta el máximo pero decrece la eficiencia del cátodo.

3.6 ACABADO FINAL DE LAS PIEZAS.

Esta tercera fase, comprende la operación del pulido abrillantado (que en el caso de los recubrimientos brillantes puede suprimirse) y del secado, además de otras operaciones especiales (pasivado, tratamiento con lacas o esmaltes y coloreado) que sólo se realiza en algunas ocasiones y para ciertos recubrimientos.

Secado.

El secado se puede realizar mediante serrín seco. Se puede efectuar también el secado por medio de estufas u hornos, calentados mediante resistencias eléctricas o bien por insuflación de corriente de aire recalentado.

Secado por Aserrín.

Un método muy popular para el secado de los artículos es el de colocarlos en un recipiente que contenga aserrín caliente y frotarlos sobre este. Los artículos deben ser sacudidos para quitar el aserrín, lo cual tiene la ventaja de que no solamente elimina la humedad al absorber el agua sino que embebe cualquier cantidad de solución que haya quedado sobre las piezas y, en consecuencia, evite las manchas.

Secado Rápido.

Para el secado rápido se emplea casi siempre el serrín de madera, se usa con preferencia serrín de madera blanca bien tamizado para sacar astillas y fragmentos extraños.

Se hace servir de la siguiente manera: se puede calentar previamente las piezas. A este efecto, una vez que están bien enjuagadas se sumergen en un baño de agua hirviendo en el que permanecen unos minutos a 100 °, y sacadas se llevan al serrín. La desecación es muy rápida y el aserrín no llega a mojarse.

CAPITULO IV

CONTROL DE CADA UNA DE LAS FASES INTEGRANTES DEL PROCESO DE CROMO BRILLANTE

4. X GENERALIDADES.

Las Compañías dedicadas a este proceso carecen de personal calificado para poder determinar la concentración de las diferentes sustancias integrantes de las soluciones electrolíticas, y es precisamente el descontrol de estas sustancias las que conllevan a múltiples pérdidas debido a las paradas que se tienen que efectuar, pero esto se agrava más cuando las instituciones son universidades, ITINTEC, Laboratorios Particulares, etc. demoran más de 20 días para dar su resultado. Otro de los problemas es que el personal que laboran en este tipo de industria, no realizan una evaluación de las piezas antes del recubrimiento para asignar qué tipo de pulido, desengrasado y decapado deben realizarse.

Desconocen, pues, existe un método sencillo y que no se requiere mucha inversión y que da el resultado en forma rápida de la concentración de las sustancias que conforman las soluciones electrolíticas. Es el método de análisis volumétrico que a continuación describiremos, lo mismo como evaluar las operaciones de pulido, desengrase y decapado.

4.1 FASE TRATAMIENTO: INSPECCION DE LAS PIEZAS ANTES DEL RECUBRIMIENTO.

El artículo las piezas componentes del mismo ser acabadas, llegarán a la sección de la gran factoría al taller galvanotécnico trabajando para terceros, en su estado final de conformación, es decir, poseyendo ya su forma definitiva. Fuere cual fuere la procedencia del artículo, es muy aconsejable que se proceda a establecer para cada partida de artículos semejantes, "una ficha de control de recepción" o de entrada, donde figuren, además el nombre del cliente que encomienda el tratamiento, la denominación y la descripción de ese artículo, dimensiones, peso, etc, así como el metal base, acabado metálico que se solicita y resultados de los ensayos de control a que se someterá dicho artículo antes de su tratamiento en el correspondiente baño galvánico.

4.1.1 Estado De La Superficie De Las Piezas Antes del Recubrimiento.

Antes del tratamiento de deposición, es imprescindible que se proceda a la "preparación de la Superficie" de la pieza, que tiene por objeto eliminar toda "presencia física o química" existente en la superficie de la pieza a tratar.

Se conseguirá un recubrimiento metálico de las deseadas características de adherencia y buen aspecto, si esta superficie está totalmente limpia, es decir si está "activada" para recibir los iones metálicos presentes en el baño electrolítico.

Las características del brillo del recubrimiento y que a la vez esté exento de manchas, solamente se logrará cuando la superficie del artículo o pieza haya sido convenientemente pulida, pues no debemos olvidar que la estructura cristalina del electrodepósito suele reflejar el estado real de la superficie sobre la cual se construye esa estructura.

4.1.2 Elección Del Proceso De Pulido, Desengrasado y Decapado.

Una vez llegada la pieza o artículo a la sección galvánica de una fábrica, se deberá someter a una inspección ocular completa, que nos permita conocer a fondo, el estado de su superficie.

Es necesario conocer el origen, procedencia y tratamiento de elaboración de las piezas integrantes del artículo, pues según cual haya sido éste, podemos conocer el tipo de óxido, costras, grasas y aceites que lo acompañan. Con este fin exponemos en la Tabla, las costras y suciedades más comunes que recubren la superficie de los metales-base desnudos, según su procedencia.

PROCEDENCIA U ORIGEN DE LOS
ARTICULOS (piezas)

SUCIEDADES MAS COMUNES

Tratamiento de fundición

Arena, escorias.

Laminado, Forjado

Diversas clases de cal-
mina

Trefilado

Aceites, grasas y parti-
culas metálicas

Soldadura	Aceite, grasas, viruta, bórax, metales.
Torneado, Fresado	Aceite, grasas, viruta, borax, metales.
Embutición, Cortado	Aceites y grasas
Tratamiento térmico en General	Oxidos y sales metálicas.
Tratamientos en Caliente: Etampado, matrizado.	Oxidos, grasas, requemados
Manipulación Mecánica por parte de operarios	Manchas de sudor, huellas.
Almacenamiento	Grasas, Aceites, orin y óxidos metálicos.

4.1.3 Evaluación De Las Operaciones De Pulido. Desengrase Y Decapado.

1. Evaluación de la Operación de pulido.

Se deberá hacer especial incapié en el brillo y tersura de la superficie del metal-base tratado y desde luego, en el examen de las líneas de pulido las cuales deben ser paralelas entre sí, muy próximas y orientadas en una dirección. Por último deberemos comprobar la ausencia de porosidad en el metal-base, así como de otras irregularidades de carácter macroscópico. Para la realización de esta evaluación haremos uso de lupas o de instrumentos ópticos similares, seleccionando, al azar, una cuantas piezas, según las directrices señaladas en los métodos estadísticos del muestreo.

2. Evaluación de la Operación del Desengrasado.

Se puede realizar de varias maneras, dentro de los más prácticos tenemos:

a. Método del deslizamiento continuo del agua.

Se somete al artículo pieza a ensayar la acción del chorro de agua o bien se sumerge en agua simplemente y se observa si sobre la superficie se han formado islas o lágrimas que señalarían la presencia de aceite o grasa.

u. Método del Deslizamiento Continuo de una Solución Diluida de Acido Mineral.

Además del ensayo precedente con el objeto de estar seguro del estado de limpieza del artículo, se procede a sumergirlos en ácido diluido, siempre que el material-base lo permita, observando si sobre su superficie se forman islas o lágrimas.

c. Método del Papel de Ferrocianuro Potásico.

Se realiza únicamente cuando el metal-base de las piezas es hierro o acero. Se basa en poner un papel Tratado con solución de ferrocianuro-K en contacto con la superficie del artículo o pieza ensayar observando el desarrollo sobre este papel, de grandes zonas de color azul oscuro en las zonas limpias y de manchas amarillentas o incoloras en los lugares de la superficie de aceite grasa. El procedimiento puede hacerse cuantitativo midiendo el % de la superficie limpia.

3. Evaluación De La Operación Del Decapado.

Normalmente en este tipo de industrias el decapado se realiza por "tratamiento Químico" que en realidad puede ser considerado como el procedimiento normal. la evaluación de la operación suele consistir en la llamada "inspección visual" ayudándose algunas veces de lupas de diez o doce aumentos o bien de microscopios sencillos, cuando en casos muy concretos se precisan un conocimiento muy exacto del estado de la superficie de una zona muy localizada del artículo o pieza.

4.2 CONTROL DE LAS SOLUCIONES O ELECTROLITOS UTILIZADOS EN LAS OPERACIONES DE PULIDO ELECTROLITICO, DESENGRASADO Y DECAPADO.

El control de estas operaciones es esencial para lograr un concreto tratamiento del artículo o pieza a preparar. El control de estas soluciones y electrolitos consiste en la realización del análisis químico cuantitativo de los componentes de las mismas, con lo que obtenemos información acerca de su estado de desgaste y estamos en condiciones para proceder su ajuste o a su renovación según el caso. En muchos talleres galvanotécnicos se suelen dar estos baños un cierto periodo de tiempo de empleo y transcurrido éste, inmediatamente se desechan se preparan o adquieren baños nuevos. Ello es acertado para ciertos tipos de baños de decapado o desengrasado constituidos por productos baratos y presentes en poca concentración en esos baños. Cuando los baños llevan productos caros como los de electropulido y presentes en concentración relativamente

grandes, nos parece más acertado el seguir aprovechándolos durante un periodo de tiempo mayor, procediendo al ajuste y reposición de los químicos activos de los mismo gastados en el tratamiento.

4.2.1 Análisis Químico De Los Componentes Activos Mavoritarios De Los Baños de Pulido Electrolítico.

Estos baños, están constituidos por una mezcla de ácidos inorgánicos, generalmente: ácido sulfúrico, fósforo, nítrico, crómico, fluorhídrico, etc, a la que se le suele añadir otros compuestos que actúen como moderadores al ataque: ácidos cítricos, propiónico, glicerina, etc.

La mezcla de ácido sulfúrico y ácido fosfórico suele ser empleada para electropulir la mayor parte de aceros inoxidable; para el electropulido de latón una mezcla de ácido fosfórico y alcohol etílico y para el electropulido del bronce una mezcla de ácidos fosfórico, crómico, sulfúrico y propiónico.

a. Determinación del Contenido en Acido Sulfúrico y Acido Fosfórico.

Se introduce 10 ml. de la solución de pulido electrolítico en un erlenmeyer de 250 ml., se diluye con 100 ml. de agua destilada, se agregan 5 gotas de indicador naranja de metilo y se valora con una solución de NaOH 1 N hasta que se produce el cambio de coloración a amarillo. Volúmen de álcali gastado: a ml.

Se añade esta solución 5 gotas de indicador fenolftaleína y se valora continuación con solución de NaOH 1 N hasta cambio de coloración a color rosado algo intenso. Volumen de álcali gastado: b ml.

Con la primera valoración determinamos todo el contenido de ácido sulfúrico mas 1/3 del ácido fosfórico presente en el baño con la segunda valoración determinamos solamente 1/3 de este último ácido. El volumen de NaOH gastado en la primera valoración menos el gastado en la segunda nos dará el correspondiente al ácido sulfúrico.

Cálculo:

$$(a - b) \times 4.9 = \text{g/l } H_2SO_4$$

$$b \times 9.8 = \text{g/l } H_3PO_4$$

4.2.2 Análisis Químico De Los Compuestos Activos Mayoritarios De Los Baños De Desengrase.

Como anteriormente dijimos, para que sea eficaz, una solución desengrasante debe cumplir una serie de requisitos:

1ro. Que sea capaz de saponificar las grasas, es decir desdoblar en sus componentes: ácido graso glicerina

2do. Que sea capaz de emulsionar las grasas o aceites no saponificables, es decir, separar en forma de gotitas muy pequeñas aquellos aceites que por ser hidrocarburos no se pueden saponificar.

- 3ro. Que sea **Peptizante**, es decir que separe las partículas sólidas por dispersión minúscula en el desengrasante, y
- 4to. Que sea humectante, es decir, que moje **fácilmente** con el **objeto de separar enteramente** la solución desengrasante de la **superficie** del artículo o pieza a desengrasar.

Los tres primeros requisitos los poseen la mayor parte de los álcalis, sin embargo, si no poseen estos compuestos el cuarto requisito, se le suele adicionar un agente tensoactivo, como el lauril-sulfonato sódico o otro agente de característica similar.

Los álcalis habitualmente utilizados son: hidróxido sódico, carbonato sódico, metasilicato sódico, fosfato trisódico, combinándose entre ellos para dar la solución de desengrase apta para la eliminación de la suciedad.

a. Determinación del Contenido en Hidróxido Sódico (llevando ese Compuesto activo)

Se introduce 10 ml. de la solución de **desengrase** en un erlenmeyer de 250 ml. de capacidad y se diluye con agua destilada hasta unos 100 ml. aproximadamente. A continuación se añaden 5 gotas de indicador anaranjado de metilo (solución acuosa al 2%) y se valora con solución de HCl 0. hasta cambio de color. Si el baño es relativamente viejo, hay que suponer que habrá Na_2CO_3 . En este caso, se añaden unos 10 ml de BaCl (solución acuosa al 10%) y se valoran a continuación con solución de H_2SO_4 0.5 N.

Cálculo:

1ml de HCl 0.5 ó de H₂SO₄ 0.5 N equivale a 20 mg de NaOH

ml de HCl 0.5 ó de H₂SO₄ 0.5 gastados x 2 =g/l de NaOH

b. Determinación del Contenido en Carbonato Sódico (llevando ese Compuesto Activo)

Se introduce 10 ml. de la solución de desengrasante en un vaso de precipitados de 150 ml. de capacidad y se agregan 10 ml. de solución BaCl₂ al 10%. Se prepara el precipitado blanco de BaCO₃ con el papel de filtro, se lava con agua y se transfiere papel y precipitado a un erlenmeyer de 250 ml. de capacidad. Luego se añaden unos 100 ml de agua destilada, 20 ml. exactos de HCl 0.5 y unas gotas de indicador naranja de metilo (solución acuosa al 0.2%) y se valora con solución de NaOH 0.5 hasta que se produce cambio de coloración.

ml gastados de NaOH 0.5 N : a

Cálculos:

1ml de HCl 0.5 N equivale a 26.5 mg de Na₂CO₃

$$(20 - a) \times 2.65 = \text{g/l Na}_2\text{CO}_3$$

c. Determinación del Contenido en Metasilicato Sódico (llevando ese compuesto activo).

Se introduce 10 ml. de la solución de desengrase en un vaso de presipitados de 400 ml. de capacidad, se añaden 20 ml. de HCl concentrado y se hierve hasta que cese el desprendimiento de

vapores. Se añaden entonces 20 ml. de HCl 1:1 y se filtra través de papel de filtro. Después de lavar el precipitado de sílice con agua destilada, se introducen papel y precipitado en un crisol de platino, se seca el precipitado y luego se incinera a una temperatura de 900 °C en una mufla durante una hora. Se deja enfriar y se pesa el crisol. Seguidamente se añade al crisol conteniendo las cenizas ml. de H₂SO₄ concentrado 5 ml. de HF, hirviendo hasta desprendimiento de vapores, bajo un potente extractor de humos. Se vuelve incinerar, se deja enfriar y se vuelve a pasar. La diferencia de peso con respecto la pesada anterior nos da el contenido de SiO₂. Sea esta: a g.

Cálculo:

$$x \cdot 203 = \text{g/l NaSiO}_3 \quad a \quad 353.1 = \text{g/l Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$$

d. Determinación del Fosfato Trisódico (llevando ese compuesto activo).

Se introduce 10 ml. de solución de desengrase en un erlenmeyer de 250 ml. de capacidad, se diluye hasta unos 100 ml. con agua destilada, se añaden gotas de anaranjado de metilo y se valora con solución de H₂SO₄ 0.5 N hasta cambio de color. Se hierve entonces la solución hasta expulsión completa de vapores de CO₂, se deja enfriar, se añaden 5 gotas de indicador fenolftaleína (solución hidroalcohólica al 0.05%) y se valora con solución de NaOH 0.5 N hasta cambio de color.

ml gastados en la segunda valoración:

Cálculo:

1ml. de NaOH 0.5 N equivale 82 mg de Na_3PO_4

8.2 = g/l Na_3PO_4

e. Determinación del Contenido en Carbonato Sódico, en hidróxido sódico en fosfato trisódico (llevando mezclas de esos compuestos activos)

Se introduce 10 ml de la solución de desengrase en un erlenmeyer de 250 ml de capacidad, se diluye hasta 100 ml. con agua destilada, se añaden 5 gotas de indicador naranja de metilo y se valora con solución de H_2SO_4 0.5 N hasta que se produce cambio de coloración. Volumen de ácido gastado: a ml

Seguidamente se calienta esta solución hasta ebullición, dejándola hervir durante unos 10 minutos, al cabo de las cuales se enfría, se agregan 5 gotas de indicador de fenolftaleína y se valora con solución de NaOH 0.5 N hasta que se produce cambio de coloración. Volumen de NaOH gastado: b ml.

Se introduce ahora una nueva muestra de 10 ml. de solución de desengrase en otro erlenmeyer de 250 ml de capacidad, se diluye con agua destilada hasta 100 ml., se añaden 5 gotas de indicador fenolftaleína se valora con solución de H_2SO_4 0.5 hasta que se produce cambio de coloración. Volumen de ácido gastado: c ml.

Cálculo:

(a - b - c) 5.3 = g/l Na_2CO_3

$$(2c - a) \cdot 2 = \text{g/l NaOH}$$

$$b \cdot 8,2 = \text{g/l Na}_3\text{PO}_4$$

4.2.3 Análisis Químico de los Componentes Activos Mavoritarios De Los Baños de Decapado.

Los baños de decapado o desoxidación empleados suelen estar expuestas por ácidos diluidos: **Clorhídrico Sulfúrico**, principalmente y en algún caso especial por **ácido** nítrico, ácido fosfórico ácido fluorhídrico.

Con el objetivo de dirigir convenientemente la acción de estas sustancias altamente corrosivas, suelen llevar además estos baños, los adecuados inhibidores o agentes humectantes.

a. Determinación del Contenido en ácido Clorhídrico o en ácido Sulfúrico (llevando uno de estos compuestos como producto principal)

Se introducen 10 ml. de la solución-baño en un erlenmeyer de 250 ml. de capacidad, diluyendo hasta unos 100 ml con agua destilada. Se añaden continuación, 5 gotas de indicar naranja de metilo (solución acuosa al 0.2%) y se valora con solución de NaOH hasta que el color rojo-anaranjado, que primitivamente presenta la solución, cambie amarillo.

Ahora bien, si el baño es viejo, el contenido en hierro es mayor, puede precipitar en forma de hidróxido férrico antes de

que produzca el cambio de coloración del indicador. En este caso la aparición de ese precipitado pardo de hierro se tomará como punto final aproximado de la valoración.

Cálculo:

1 ml. de NaOH 1 N equivale a 36,5 mg de HCl

1 ml. de NaOH 1 N equivale a 49 mg de H₂SO₄

b. Determinación del Contenido en ácido nítrico (llevando como compuesto activo principal).

Se procede de igual forma como el paso a.

Cálculo:

1 ml. de NaOH 1 equivale 63 mg de HNO₃

c. Determinación del Contenido en ácido fosfórico (llevando como compuesto activo principal).

Se procede de forma similar que el paso a.

Cálculo:

1 ml. de NaOH 1 N equivale a 98 mg de H₃PO₄

4.3 FASE DE TRATAMIENTO: INSPECCION DEL ARTICULO DURANTE EL PROCESO EN LOS BAÑOS GALVANICOS.

Este tipo de inspección no se reducirá únicamente a los parámetros que en un momento determinado interesa controlar en el recubrimiento (brillo, adherencia, espesor, etc) sino que deberá abarcar más: la inspección de los baños electrolíticos integrantes del proceso y la inspección del utillaje utilizando

en cada una de las operaciones del proceso. Para realizar la inspección del artículo a recubrir o de sus piezas constituyentes, en esta segunda fase, el galvanoplasta se nutrirá de las técnicas estadísticas del control de calidad citadas en el capítulo 1.

Además se debe realizar un estudio de los resultados obtenidos durante esa inspección, con el objeto de conocer las posibles fallas poder remediarlos.

Entre cada secuencia del proceso galvánico se debe someter a las piezas a tratar al examen visual para apreciar las cualidades de adherencia, aspereza, porosidad, espesor y brillo del recubrimiento, con el fin de asegurarse de que no exista alteración ni desajuste en ninguna de las operaciones integrantes del proceso galvánico ni en el utillaje utilizado en las mismas.

4.3.1 Control De Los Electrolitos; Análisis Sencillo.

El electrolito baño galvánico debe funcionar de modo correcto.

Si ello no ocurre así, es debido en una gran mayoría de casos a que existe una incorrecta utilización del mismo, es decir un defectuoso mantenimiento del mismo a un peor control en su composición. Por ello es necesario realizar de manera periódica análisis químicos periódicos para evitar dichos desajustes.

Dicho control se usará en la realización del análisis químico de los componentes (sea para mantenimiento sea para remediar un desajuste producto de un fallo en su funcionamiento) e el ensayo del baño en cedula Hull utilizando una pequeña porción del mismo y en el control de sus características físicas (densidad, pH, resistividad, temperatura, densidad de corriente, en corriente)

Como regla general para electrolitos con rápido desgaste de algunos de sus constituyentes principales (como es el caso de desengrasantes electrolíticos, desengrase químico y electrolitos de cloro-cianuro) es recomendable que el análisis de ese constituyente, en este caso cianuro y sodio se realice diariamente. Para los restantes constituyentes de estos electrolitos y para cualquier otro tipo de electrolito, es suficiente el análisis semanal o bimensual, cuando no suele haber grandes desequilibrios en el contenido de los constituyentes.

Este análisis de control puede ser sencillo o completo, analizando todos los componentes del electrolito y las posibles impurezas presentes en el mismo.

Análisis Sencillo.

Se realizan las siguientes determinaciones:

- 1ro. Determinación de la Densidad del electrolito
- 2do. Determinación del pH
- 3ro. Determinación volumétrica sencilla rápida, de los

principales componente del electrolito.

La densidad del electrolito se determina mediante un densímetro graduado en g/cm^3 o mediante un aerómetro, graduado en divisiones Baumé. Con esta medición conocemos de manera aproximada la concentración de las sales metálicas y conductoras. La medición del pH e los electrolitos, es decir su acidez o alcalinidad, se usan los instrumentos llamados pH-metría, la mayoría de los cuales permite ser utilizados además como potenciómetros. Cuando no se requiere un grado exactitud se utilizan los 'papeles indicadores' llevándose a cabo en escala empírica, realizando la medición por inmersión de papel (tira) en el electrolito y comparación de la coloración adquirida con la indicada en la escala.

El análisis volumétrico es el de más fácil ejecución práctica para una persona que no sea químico. Se emplea soluciones de concentración conocida que se dejan caer de un bureta sobre un cantidad medida de la solución a analizar. El final de la reacción queda indicado por un viraje en el color de un indicador previamente añadido, o por una turbidez o por un comienzo de formación de precipitado o similar. Del número de centímetros cúbicos de solución empleados y de la cantidad de l solución problema se puede calcular el contenido del componente del bñó en cuestión por litro.

Componentes Del Baño Electrolítico de Cobre Alcalino-Cianurado.

a. Determinación del Contenido de Cobre.

Se introducen 2 ml de Solución-baño en un erlenmeyer de 250 de capacidad y se añaden a continuación 1 g de persulfato amónico (para la destrucción de los cianuros) agitando vigorosamente. Al cabo de 30 segundos la solución habrá adquirido color azulado-verdoso. Si no es así, añadir unos 10 ml de agua destilada y calentar hasta ebullición. A continuación, a la solución fría se agrega solución de NH_4OH 6 N hasta que el color pase azul fuerte. Añadir entonces agua destilada hasta completar unos 100 ml. agregar 5 gotas de indicador PAN (1-(2-piridil-azo)-2-naftol) solución alcohólica al 1% y valorar con solución de complejo III (EDTA), 1M hasta que el color de la solución pase verde permanente.

Cálculo:

1 ml de solución de compleción III(EDTA) 0,1M equivale a 6,357 mg de Cu.

b. Determinación del Contenido En Cianuro Libre.

Se introducen 10 ml. de Solución-baño en un erlenmeyer de 250 ml. de capacidad, se diluye con agua destilada hasta 100 ml, se añaden unas 5 gotas de NH_4OH concentrado y unos 5 ml. de solución de KI al 10% y se valora, con agitación continua con solución de AgNO_3 0,1 N contrafondo oscuro, hasta que se obtiene una turbidez permanente de color amarillento.

Cálculo:

1 ml. de Solución AgNO_3 0,1 N equivale 9,8 mg de NaCN ó 13,0 mg de KCN.

c. Determinación del Contenido en hidróxido de sodio.

Se introduce 10 ml. de Solución-baño en un erlenmeyer de 300 ml. de capacidad, se diluye hasta 100 ml. con agua destilada se añaden 5-6 gotas de trepeolina (solución acuosa al 1%) se valora seguidamente con solución de HCl 1 N hasta que el color amarillo adquirido al principio cambie a rojo. Para realizar esta valoración con mayor exactitud es muy conveniente usar un solución comparadora- constituida por 5-6 gotas de indicio en 100 ml. de agua destilada.

Cálculo:

1 ml de solución HCl 1 N equivale a 40 mg de NaOH

d. Determinación del Contenido en Carbonato.

Se introduce 10 ml. de Solución-baño en un vaso de precipitados, se diluyen hasta 100 ml con agua destilada y se añaden seguidamente solución 2N de nitrato de bario o cloruro de bario hasta precipitación completa del carbonato presente, agregándose después un ligero exceso. Se separa el presipitado obtenido por filtración través de papel de filtro, se lava con agua destilada caliente se transfiere un erlenmeyer. Se añaden 50 ml. aproximadamente de agua destilada y 2-3 gotas de anaranjado de metilo (solución Acuosa de ,2%) y se valora con solución de ClH 1N hasta que se obtiene una coloración débilmente rosada que persiste.

Cálculo:

1 ml. de solución ClH 1 N equivale a 53 mg de CO_3Na_2

4.3.3 Determinación Volumétrica De Los Principales Constituyentes del Baño Electrolítico de Cobre Acido Al Sulfato.

a. Determinación del Contenido en Cobre.

Si se sospecha que hay hierro se oxida con ácido nítrico concentrado, y separándolo después con amoníaco y filtrando.

Se introducen 2 ml. de Solución-baño en un erlenmeyer de 250 ml. de capacidad y se diluye con agua destilada hasta unos 100 ml. Se añade seguidamente NH_4OH concentrado gota a gota hasta que el leve precipitado de hidróxido de cobre primeramente formado se redissuelva (o bien se añade 6 ml. de solución tampón de pH=8, preparada disolviendo 27 g de NH_4Cl en 100 ml. de agua destilada, añadiendo 175 ml. de NH_4OH concentrado y completando hasta 1 litro con agua destilada), y luego se añade 0,2-0,3 g de indicador muréxido (mezcla sólida al 1% en NaCl) adquiriendo la solución color amarillo anaranjado. A continuación se valora con solución de complexón III (EDTA) 0,1M hasta que la solución cambie a color púrpura-violeta intenso, que persiste.

Cálculo:

1 ml. de EDTA 0,1M equivale a 3,57 mg de Cu

b. Determinación del contenido en Acido Sulfúrico.

Se introducen 10 ml. de Solución-baño en un erlenmeyer de 250 ml. de capacidad, se diluye hasta 100 ml. con agua destilada; se

añaden 10 gotas de indicador naranja de metilo (Solución acuosa al 0,2%) y se valoran con solución de NaOH 1N hasta que el color anaranjado que primitivamente presenta la solución cambie amarillo.

Cálculo:

1 ml. de solución de NaOH 1N equivale a 49 mg de H_2SO_4

4.3.4 Determinación Volumétrica De Los Principales Componentes Del Baño Electrolítico De Níquel

a. **Determinación del Contenido en Níquel.**

El baño contiene impurezas metálicas, principalmente hierro, cobre y zinc.

En este caso es preciso proceder a la separación de dichos elementos antes de pasar a la determinación del níquel, ya que pueden interferir en la misma.

Se introduce 2 ml. de solución-baño en un vaso de precipitados y se añaden 25 ml. de agua destilada un ligero exceso de solución diluida de NaOH, acidificando luego con ácido acético diluido. En estas condiciones, se añaden unos cuantos ml. de solución de sulfuro sódico al 10%, permaneciendo la solución acética. Se deja reposar unos momentos y se separa el precipitado formado (SZn , SCu) por filtración.

la solución así tratada filtrada (conteniendo el hierro y el níquel) recogida junto con las aguas de lavado en un vaso de

precipitados, se le añaden 2 ml de ClH con entorpe y se calienta hasta ebullición. prolongado es a duran te unos minutos hasta la total eliminación del SH_2 presente.

A la solución tratada de est modo se aña en unas gotas de peróxido de hidrógeno (o bien NO_2H) concentrado hirviendo durante unos minutos (oxidación del Fe^{++}).

Se agregan a continuación unos gramos de ClNH_4 y se precipita el Fe^{++} con moniaco gota a gota hasta leve olor amoniacal, añadiendo después un ligero exco. Se separa el precipitado de hidróxido de hierro de la solución por filtración.

En la solución filtrada, contenida junto con las aguas de lavado, en un erlenmeyer de 300 ml. se procede a la determinación del contenido en níquel diluyendo as a 100 ml con agua destilada. Se calienta la solución hasta a 40-50 °C y se añaden 5 ml. de moniaco concentrado. A continuación se agregan 2 gotas de indicador mureídico (mezcla sólida al 1% de ClNa) y se valora con solución complejón I I 0,1 M hasta que el color amarillo adquirido primitivamente por la solución cambie a púrpura-violeta que perdura.

cálculo:

1 ml de solución de complejón I I (EDTA) 0,1 M equivale a 5,869 mg de Ni.

b. Determinación del Contenido en cloruros (sódico o de Níquel)

Se introducen 5 ml. de solución-baño en un erlenmeyer de 300 ml. de ca. acidad y se diluyen hasta 100 ml. con agua destilada.

Se neutralizan la solución con NaOH 1 N (o bien con CO_3Na_2) se añaden unas gotas de solución de cromato potásico (K_2CrO_4) al 5% y se valora con una solución de NO_3Ag 0,1 N hasta aparición de una turbidez de color rojizo, que persiste.

Cálculo:

1 ml. de solución de NO_3Ag 0,1 N equivale a 3,546 mg de Cl^-
ó 5,845 mg de NaCl ó 11,86 mg de $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

c. Determinación del contenido en ácido bórico.

Se introducen 2 ml. de solución-baño en un erlenmeyer de 300 ml. de capacidad y se añaden 10 ml. de agua destilada y 5 gotas de indicador azul de bromotimol-púrpura de bromocresol (solución alcohólica conteniendo 0,1 g de azul de bromotimol y 1 g de bromo-cresol en 100 ml. de etanol de 96), valorando con solución de NaOH 0,1 N hasta que el color amarillo-marrón cambia a púrpura violeta. Si al añadir el indicador no ha aparecido el color amarillo y si el color púrpura violeta, no es preciso realizar esta valoración previa. A continuación, se agregan unos 1,5-2,0 g de manitol (manital) en polvo, formándose una pasta algo espesa y adquiriendo la solución nuevamente color amarillo-marrón y se valora con solución de NaOH 0,1 N, hasta que se obtiene de nuevo el color púrpura-violeta intenso, que permanece.

En esta determinación únicamente se consideran los ml. de solución de NaOH gastados en la segunda valoración.

Cálculo:

1 ml. de solución de NaOH 0.1 N equivale 6,184 mg de Hg_2EO_3 .

4.3.5 Determinación Volumétrica De Los Principales Componentes De Los Baños Electrolíticos De Cromo.

a. Determinación del Contenido en Cromo exavalente

Se introducen 10 ml de solución-baño en un matraz aforado de 500 ml de capacidad, enrasando hasta la señal con agua destilada.

Se toman 10 ml de esa solución diluida (mediante pipeta) y se introducen en un erlenmeyer de 250 ml de capacidad. Se diluye hasta 100 ml. con agua destilada, se añaden 1 g de bifluoruro amónico, 15 ml. de H_2SO_4 al 10% y finalmente 10 ml de solución de KI al 10% (conteniendo 0,1% de KOH), valorando seguidamente la solución con solución de $Na_2S_2O_3$ 0,1 N, usando como indicador 5 ml. de solución de almidón al 1%, hasta que el color azul oscuro originado por el almidón desaparece.

Cálculo:

1 ml. de solución de tiosulfato sódico ($Na_2S_2O_3$) 0,1 N equivale a 1,734 mg de Cr ó 3,333 mg de CrO_3 .

b. Determinación del Contenido en ácido Sulfúrico.

Cinco ml del baño de cromo previamente filtrado por un dispositivo de filtración en vacío, se diluyen en un erlenmeyer de 300 ml. con 20 ml. de agua destilada. Agitando se agregan de

a gotas 10 ml. de solución de acetato de hidracin. Seguidamente se hierve por 5 minutos tapando el erlenmeyer.

La solución después del hervor tiene que tener un color verde luego el enfriamiento se agregan 5 ml de ácido nítrico, 70 ml. de isopropanol, agitando, 10 ml. de solución de nitrato de plomo 0.5 y se deja reposar por 1 minutos.

Si se observa un precipitado de cobre, se agrega a la solución después de la adición de ácido nítrico 5 gotas de peróxido de sodio 30%.

Seguidamente se filtra el precipitado lavado por un dispositivo de filtrado en vacío, enjuagando bien el erlenmeyer de precipitación y pasando esta solución también por el filtro en vacío. continuación se lava con 20 ml. de isopropanol diluido con agua destilada 1:1 y se filtra y seca el sulfato de plomo. Luego se disuelve el precipitado revolviendo con una varilla de vidrio con 10 ml. de solución buffer (pH=5.6). Si el precipitado no se disuelve en esta cantidad de solución buffer se hacen agregados adicionales de a 5 ml por vez. después se filtra solución cuidadosamente en un kitasato de 500 ml. bien enjuagado, se lava con agua destilada se agregan nuevamente 5 ml de solución buffer y se vuelve a lavar con agua destilada. Al volumen de titulación de aproximadamente 100 ml. se agregan unos 50 mg. (una punta de espátula) de indicador y se titula con solución valorada EDTA 0,01 hasta que el color de la solución vire de violeta a amarillo.

Cálculo:

1 ml. de solución valor da EDT equivale a 0,1962 g/l de ácido sulfúrico.

4. 4.6 Control De Electrolitos: Análisis Completo.

En este tipo de análisis se determinan además de los componentes principales los restantes componentes del electrolito incluyendo las posibles impurezas metálicas u orgánicas presentes en el mismo. Se realiza, al propio tiempo un control de abrillantadores mediante celdas especiales (celda Hull), principalmente celdas de arranque para la polarización catódica-anódica).

El análisis completo, suele ser más complicado que el análisis químico sencillo, ya que se suelen utilizar unas técnicas diferentes a las volumétricas y gravimétrica técnicas que se requieren para el especializado y aparatos complicados de técnica avanzada y de alto costo.

No es objeto directo de este trabajo la descripción de esos métodos de análisis y de los correspondientes instrumentos ya que solamente pretendemos ofrecer una visión sencilla del control analítico sin embargo daremos a conocer cuáles suelen ser los componentes completos de cada electrolito, incluyendo las posibles impurezas metálicas y los aditivos que suelen llevar además esos electrolitos.

Componentes Habituales de un Baño de cobre alcalino-Cianurado:

Son los siguientes: cobre, cianuro sódico o potásico, hidróxido sódico o potásico, carbonato sódico, sal de Rochelle (tartrato sodio-potásico), sulfito sódico potásico, además de una serie de aditivos y abrillantadores, de naturaleza orgánica o metálica. Además, puede llevar este baño como impurezas: hierro, cinc, plomo.

Componentes habituales de una Baño de cobre ácido al sulfato:

Son las siguientes: cobre, ácido sulfúrico, además de una serie de aditivos y abrillantadores, de naturaleza orgánica o metálica. Además, puede llevar como impurezas: hierro y aluminio.

Componentes habituales de un Baño de Níquel:

Son las siguientes: níquel, sulfato, cloruro, ácido bórico (sulfato o cloruro amónico en algunos baños de níquel mate) además de una serie de aditivos y abrillantadores, de naturaleza orgánica o metálica. Este baño, puede llevar además como impurezas: hierro, cobre, cinc y lomo.

Componentes habituales de un Baño de Cromo al Sulfato:

Son las siguientes: cromo hexavalente (ácido crómico), cromo trivalente, ácido sulfúrico y fluoruros. Además puede llevar este baño como impurezas: hierro, níquel, cinc, cobre y selenio.

4. .7 Control De Aditivos Y Abrillantadores.

El control analítico de los aditivos para la formulación de "baños electrolíticos brillantes" y de las

sustancias conocidas específicamente como "abrillantadores" es en general, difícil ya que estas sustancias son generalmente compuestos orgánicos y que sufren en muchos casos diversas transformaciones en el seno del baño electrolítico, dando lugar a compuestos distintos de los iniciales.

Por esta razón, su control por análisis no se recomienda abrumadoramente, menos que se conozcan las sustancias químicas que se utilizan y su concentración en el baño, y sólo así, debe utilizarse fuera del alcance de los talleres galvanicos.

Para proceder al control de esos aditivos y abrillantadores en cualquier baño, sin conocer cuál es químicamente el compuesto en cuestión existe un procedimiento sencillo eminentemente práctico: el método de control mediante una celda o cubeta especial ya sean de forma rectangular, y sean de forma trapezoidal (célula de Hull). Mediante este procedimiento, se puede conocer si existe defecto o exceso de los abrillantadores utilizados en el baño, indicando al propio tiempo, cualquier otra anomalía del mismo no atribuible a esos aditivos.

CAPITULO V

CONTROL DE LOS DEFECTOS EN LOS BAÑOS ELECTROLITICOS EN CROMO BRILLANTE

5.1 GENERALIDADES

Aparte de las diferentes sustancias que conforman las soluciones electrolíticas también contienen aditivos, que son conocidos en el mercado como brillantadores primarios, secundarios y humectantes. Precisamente el descubrimiento de estos aditivos han llevado al auge de estas industrias ya que permiten una aceleración del proceso, una buena nivelación del recubrimiento metálico y hacen disminuir la tensión superficial de las soluciones haciendo nula la aparición de poros en las piezas tratadas.

El problema radica en cómo determinar la concentración de cada uno de estos aditivos, ya que están constituidos por una serie de sustancias orgánicas, a la vez que están patentadas y no sabemos qué sustancias las conforman y en qué proporción están. En este capítulo desarrollaremos un método práctico, desconocido en el país, denominado "Célula de Hull" que es muy aplicado en Europa y que en base a pautas enviadas por los fabricantes de estos aditivos hemos desarrollado una metodología de control no solamente de los aditivos sino también de las

sustancias constituyentes de las soluciones electrolíticas en una forma veloz.

Otro de los problemas que se presentan durante el proceso, es la formación de impurezas; es decir sustancias extrañas en las soluciones electrolíticas que repercuten en su funcionamiento y a la vez producen mermas. Precisamente con el método "Célula Hull" detectaremos qué tipo de impurezas tienen estos baños electrolíticos y cómo eliminarlos en forma rápida y económica.

La totalidad de las empresas dedicadas a este tipo de industria corrigen las fallas en base a los incidentes producidos; esto es inadecuado ya que se corrigen las fallas cuando los productos salen malogrados. Pero debido a que su uso es común y aplicable en la totalidad de industrias presentaremos un cuadro donde presentaremos el tipo de defecto, la causa probable y el método de rectificación. Este es un trabajo que hemos realizado en base a nuestra experiencia propia dentro de la planta industrial y que hemos investigado nivel de planta piloto para sustentarlo.

5.2 METODO DE CONTROL DE LOS BAÑOS ELECTROLITICOS POR MEDIO DE LA CELULA DE HULL.

Uno de los métodos prácticos más utilizados para el control de los baños galvánicos para obtener depósitos brillantes, consiste en la observación, mediante cubetas de pequeña capacidad, del comportamiento de una pequeña porción de los

mismo cuando se someten las mismas condiciones de electrólisis que en el baño en funcionamiento. Esta reproducción de los factores que intervienen en la electrólisis nos permite en todo momento conocer y corregir los defectos que pueden producirse. Una de las cubetas o células electrolíticas más frecuentemente empleadas es la célula de Hull de forma trapezoidal.

Está construida esta célula con material plástico transparente y tiene una capacidad de 267 ml (puede utilizarse hasta 1 litro) ver figura 4

El ánodo se coloca contra la cara AB de la célula y el cátodo contra la cara CD, oblicua. La forma trapezoidal de la célula permite una distribución, progresiva de la densidad de corriente catódica, variando desde un valor mínimo (D) a un máximo (A), obteniéndose sobre una misma placa o probeta diversas zonas.

Mediante este método y utilizando probetas constituidas por pequeñas láminas metálicas rectangulares de latón o hierro, pulidas, se logra reproducir sobre las mismas, mediante la electrólisis, la influencia de la temperatura, densidad de corriente, agitación, etc, determinando sus condiciones más favorables y permitiendo conocer el defecto o exceso de los principales constituyentes del baño, de las sustancias abrillantadoras orgánicas utilizadas y la presencia de impurezas tanto metálicas como de tipo orgánico.

Para trabajar con la célula de Hull se precisa un manantial de corriente continua, proporcionado generalmente por un pequeño

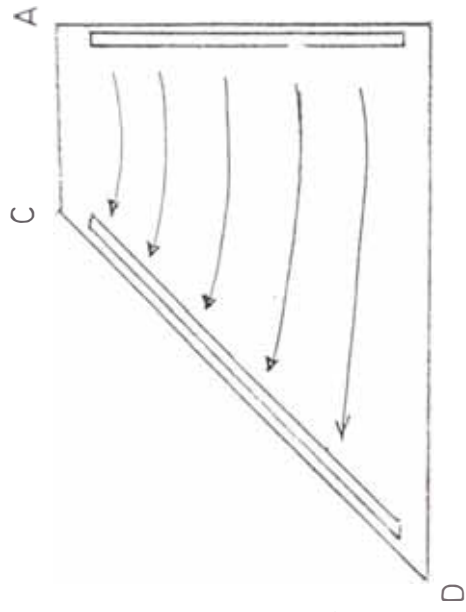
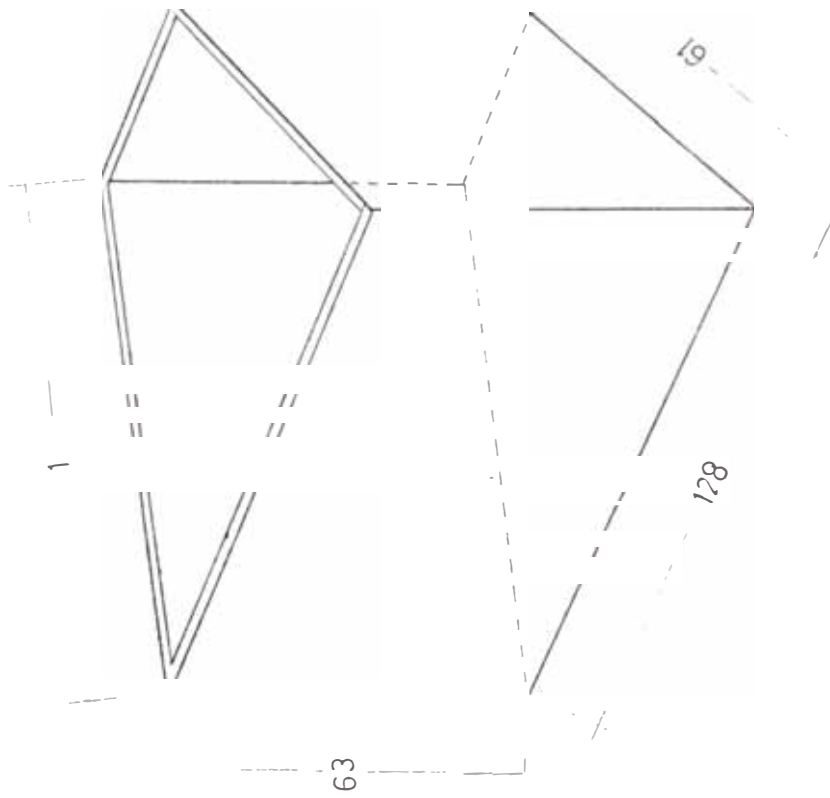


Figura 4
Célula de ... ull (dimensiones)

rectificador que permite obtener densidades de corriente de 0-10 amperios y diferencias de potencial de hasta 8 voltios.

Para el Control del baño galvanico brillante, se procede del modo que en continuación se indica:

Se introducen 250 ml de solución-baño, calentados 4 - 5 grados encima de su temperatura de trabajo, en una célula Hull de 267 ml de capacidad, llevando ya el correspondiente ánodo. Se coloca a continuación el cátodo (constituido por una probeta de cobre, hierro o latón), previamente pulido y desengrasado contra la cara Cd de la célula, se establecen las correspondientes conexiones y se realiza la electrólisis de la solución con agitación, a la temperatura usual del baño y con una intensidad de corriente un tiempo en función del tipo de baño que se ensaye. Al cabo de ese tiempo, se saca el cátodo, se enjuaga con agua corriente y se seca, comparando su aspecto con el de otras placas patrón previamente obtenidas con el baño en estudio en condiciones conocidas. La célula de Hull es especialmente interesante para determinar el poder cubriente de un electrólito, el contenido en agentes de adición, ya sean primarios o secundarios y las impurezas metálicas u orgánicas.

5.3 CONDICIONES GENERALES DE ELECTROLISIS PARA EL ESTUDIO DE LOS BAÑOS EN LA CELULA HULL.

Las condiciones generales de electrólisis a utilizar en la célula Hull para el ensayo de los diversos tipos de baños citados en este trabajo, se especifican a continuación (llevadas

cabo experimentalmente en el laboratorio 23B de la Facultad de Ingeniería Química), así como las correspondientes probetas-patrón a comparar indicando distintos estados del baño en estudio.

Las claves que utilizamos en las probetas-patrón obtenidas en la célula de Hull son basadas en la norma DIN 50957 (ver Figura 5).

.3.1 Baño de Cobreado Mate Alcalino-Cianurado

Las condiciones de electrólisis para el control con la célula Hull de un baño de cobreado alcalino-cianurado son las siguientes:

Tiempo de Electrólisis	:	10 minutos
Intensidad de corriente	:	0,4 amperios
Voltaje Registrado	:	2 voltios
Temperatura	:	Ambiente
Anodo	:	Cobre
Cátodo	:	Hierro
pH	:	9,5-10,3 (papel "Liphan" L680)

1. Baño Normal.

Baños nuevos depositan capas de cobre rojo claras en casi toda la chapa de prueba. Solamente unos 10 mm. en la zona de muy altas densidades de corriente son algo más mates. En baños más viejos esta zona puede aumentar hasta 20 mm y ser de color rojo

Brillante

Semibrillante

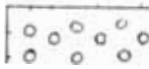


Mate

Rayado, Manchado



Poroso



Ampolladuras

Aspero, Rugoso



Pulvurulento



Quebradizo

Sin Depósito

Figura 5
Claves Utilizadas En Las Probetas
Patrón De La Célula Hull

oscuro. El lado posterior de la chapa puede tener un pequeño halo rojizo. El ánodo es de color pardo.

2. Contenido de Cobre demasiado bajo.

Deposiciones altas densidades de corriente con franjas oscuras, sino rojo claro, deposiciones de cobre débil en zona de baja densidad de corriente. La intensidad de corriente disminuye dando lugar a que el voltaje aumente.

3. Contenido de Cobre Alto.

En la zona de baja densidad de corriente es rojo oscuro, mientras que en la zona de alta densidad de corriente es algo menor.

4. Contenido Bajo de Cianuro de Sodio Libre.

El halo rojizo oscuro en el lado posterior se agranda, en las zonas de baja densidad de corriente es rojo claro, mientras a altas densidades de corriente es rojo oscuro. El electrólito tiene un tinte azul al lado del ánodo. Dicho ánodo se torna de color verde.

5. Contenido Alto de Cianuro de Sodio Libre.

En el electrólito se produce una gasificación intensa, la deposición de cobre es baja, el cobreado es de color rojo oscuro en toda la chapa siendo mayor a altas densidades de corriente.

6. Contenido Bajo De Carbonato de Sodio.

En la zona de alta densidad de corriente el cobreado es débil de un color rojo claro, mientras en la zona de baja densidad de

corriente produce un cobreado de color oscuro con manchas oscuras.

7. Contenido Alto de Carbonato De Sodio.

Produce un recubrimiento rojo oscuro en las zonas de alta baja densidad de corriente, la intensidad de corriente disminuye.

8. PH Alto.

La zona de baja densidad de corriente es de un color rojo oscuro.

9. PH Bajo.

Una mayor zona de baja densidad de corriente es de color rojo oscuro.

10. Impurezas de metales extraños.

Las probetas-patrón a comparar, indicando diferentes estados del baño, están representadas en la Figura 6

5.3.2 Baño De Cobreado Brillante Acido Al Sulfato.

Las condiciones de electrólisis para el control de un baño de cobre brillante del tipo ácido al sulfato con la célula Hull, son las siguientes:

Tiempo de electrólisis	: 10 minutos
Intensidad de Corriente total	: 2 amperios
Voltaje registrado	: 2,8-3,0 voltios
Temperatura	: 22-25 °C
Anodo	: Cobre

0 mm

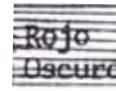
100 mm



Rojo Claro

Figura 6-1
Composición Normal

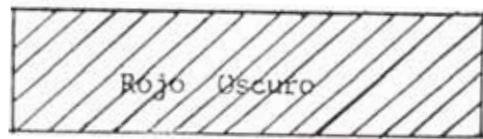
Rojo Claro



Rojo
Oscuro
Cobre débil

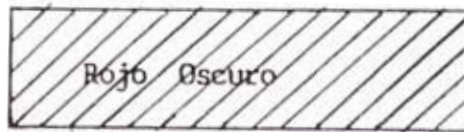
Figura 6-2
Deficiente Concentración De Cobre

Rojo Semioscuro



Rojo Oscuro

Figura 6-3
Contenido De Cobre Alto



Rojo Oscuro

Rojo Claro

Figura 6-4
Bajo Contenido de Cianuro de Sodio Libre

Rojo Oscuro
(cobreado débil)

Figura 6-5
Alto Contenido de Cianuro de Sodio Libre

(cobreado débil)
Rojo Claro

(manchas oscuras)
Rojo Oscuro

Figura 6-6
Contenido de Carbonato Bajo

Rojo Oscuro

Rojo Claro

Rojo
Oscuro
claro

Figura 6-7
Contenido de Carbonato Alto

Figura 6

Estados De Los Baños
Alcalino-Cianurado
Cobre Mat

Figura 6
Estados De Los Baños
Alcalino-Cianurado
Cobre Mat

Rojo Claro

Rojo oscuro

Figura 6-8
PH Alto

Rojo
Claro

Rojo oscuro

Figura 6-9
PH Bajo

Rojo
Oscuro

Rojo Claro

Figura 6-10
Impurezas

Cátodo : Chapa de latón
pH : Es inferior a 1 V no necesita ser controlado.

La agitación del baño se realiza mecánicamente, electromagnéticamente o bien por aire.

1. Baño Normal

Deposiciones brillantes en prácticamente todo el campo de densidades de corriente.

2. Falta de Cobre Metálico.

Una falta de contenido de cobre existe tendencia quemarse a altas densidades de corriente, (pulvurulento) en bajas densidades de corriente la probeta de ensayo es semibrillante.

3. Exceso de cobre metálico.

Un exceso de cobre metálico no se deja reconocer sobre la chapa de prueba. En la práctica sin embargo existe la tendencia del cristalizado de sulfato de cobre.

4. Exceso de ácido Sulfúrico.

Un exceso del contenido de ácido sulfúrico no se puede notar sobre la chapa de prueba, en la práctica se produce una rápida pasivación de los ánodos.

5. Falta de Acido Sulfúrico.

Una falta de ácido sulfúrico se hace notar por una mayor tensión de ensayo, en las zonas de alta densidad de corriente es algo opaco la chapa de prueba y pulvurulento.

6. Exceso de Iones Cloruro.

Un exceso de estos iones produce estrias a altas densidades de corriente.

7. Falta de iones Cloruro.

Lleva deposiciones con relieves en la zona de \emptyset 60 mm y a recubrimientos velados a bajas densidades de corriente.

8. Falta de Solución Preparadora Inicial.

Una falta de Solución Preparación Inicial lleva a deposiciones semibrillantes a altas y medianas densidades de corriente.

9. Exceso de Solución Preparadora Inicial.

Un exceso de solución preparadora causa zonas semibrillantes a bajas densidades de corriente.

10. Exceso de Abrillantador Primario (brillo).

Lleva a deposiciones mate y semibrillante a bajas densidades de corriente.

11. Falta de Abrillantador Primario (brillo).

Se hace notar por una tendencia quemarse (pulverulento) a altas densidades de corriente y semibrillante a bajas densidades de corriente.

12. Exceso de Abrillantador Secundario (nivelante)

Un exceso de Abrillantador Secundario produce una baja acción nivelante a bajas densidades de corriente.

13. Falta de Abrillantador Secundario (nivelante).

Disminuye el efecto nivelador en toda la zona de densidades de corriente produciéndose una zona semibrillante a bajas densidades de corriente

Las probetas-patrón compara indicando diferentes estados del baño, están representados en la Figura 7 .

5.3.3 Baño De Niquelado Brillante.

Las condiciones de electrólisis para el control de un baño de niquelado brillante del tipo wats, conteniendo los tipos de abrillantadores y un agente antipicante, son las siguientes:

Tiempo de Electrólisis : 10 minutos
Intensidad de Corriente Total: 2, amperios
Voltaje Registrado : 6,4 voltios aproximadamente
Temperatura : 5 °C
Anodo : Niquel Electrolítico
Cátodo : Chapa de cobre o latón
PH : 4,2 -4,8

La agitación del baño se realiza mecánicamente, electromagnéticamente o bien por aire.

1. Baño Normal.

Alto brillo en toda la chapa de prueba, buena nivelación.
Recubrimiento.

2. Falta de Niquel Metálico.

Cuando falta níquel hay tendencia "quemarse" con

Figura 7-1
Baño normal



Figura 7-2
Falta de cobre metálico



Figura 7-3
Falta de ácido sulfúrico

Estrias

Figura 7-4
Exceso de iones cloruro

Deposiciones con relieve



Figura 7-5
Falta de iones cloruro



Figura 7-6
Falta de solución preparadora inicial

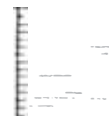


Figura 7-7
Exceso de solución preparadora inicial

guía 7
Diferentes estados de los baños de cobre
ácido al sulfato

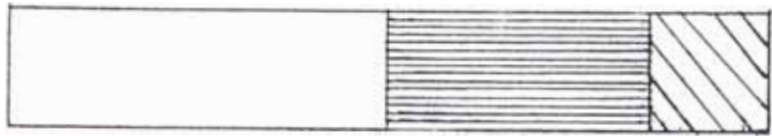


Figura 7 -8
Exceso de Abrillantador Primario



Figura 7 -9
Falta de Abrillantador Primario

Figura 7 -10
Exceso de Abrillantador Secundario

III

Figura 7 -11
Falta de Abrillantador Secundario

apariciones de zonas rugosas y pulvurulenta a altas densidades de corriente.

3. Exceso de Níquel Metálico

Concentraciones de níquel por encima de la concentración normal quedan sin influencia visible en la chapa de prueba.

4. Falta de Iones Cloruro.

Un contenido bajo de cloruro se hace notar por una mayor tensión.

La tendencia a "quemarse" es mayor siendo las zonas rugosas y pulvurulenta a altas densidades de corriente más amplias.

5. Exceso de Iones Cloruro

No tiene ningún efecto sobre la chapa de prueba.

6. Falta de Acido Bórico.

Se denota en la chapa de prueba por las apariciones de zonas pulverulentas y grietas en las zonas de alta corriente, mientras zonas rugosas en bajas densidades de corriente.

7. Exceso de Acido Bórico.

No se nota en la chapa de prueba y no es perjudicial en el níquelado en la planta.

8. PH Alto.

Zona quebrada en zonas de alta densidad de corriente con tendencia "quemar".

9. PH bajo.

Hay una tendencia "quemar" con la aparición de una zona pulverulenta a altas densidades de corriente y una zona semibrillante a bajas densidades de corriente.

10. Exceso de Abrillantador Primario (brillo).

La concentración de este aditivo puede variar entre límites muy amplios sin que la chapa de ensayo sufra cambios apreciables.

11. Falta de Abrillantador Primario (brillo)

Si el electrolito casi no contiene este aditivo, entonces la chapa de prueba sale algo semibrillante en zonas de altas densidades de corriente.

12. Exceso de Abrillantador secundario (nivelante)

Recubrimientos de níquel muy brillantes, siendo las zonas de alta densidad de corriente pulverulento, rugoso quebradizo, mientras que a bajas densidades de corriente la chapa sale algo oscuro y en el borde de la chapa sin cubrir.

13. Falta de Abrillantador secundario (nivelante)

Recubrimientos menos brillantes y en zonas de bajas densidades de corriente semibrillante poca nivelación.

14. Exceso de Humectante

Aparece tendencia a "quemarse" (pulvurulento) a altas densidades de corriente

15. Falta de Humectante.

falta de humectante aparecen poros de hidrógeno en la chapa de prueba.

16. Influencia de Metales Extraños.

a. Cobre:

Produce en zonas de bajas densidades de corriente recubrimientos de níquel negro. A baja concentración esta zona aparece negro brillante. A contenidos mayores a un negro hollín característico. Esta deposición negro hollín también se observa en el borde superior de la chapa.

b. Cinc.

A bajas concentraciones aparece un velo tenue oscuro en zonas de baj densidad de corriente. contenidos mayores de cinc esta zona es bien nítida de color negro brillante. También el recubrimiento de níquel en el borde superior y en el lado posterior de la chapa tiene un aspecto negro brillante con estos contenidos de cinc.

c. Hierro.

Produce deposiciones semibrillantes en toda la zona de la chapa de prueba, siendo mate en bajas densidades de corrientes.

d. Cromo.

Cromo hexavalente permite la disminución en la penetración del electrólito, donde en bajas densidades de corriente produce deposiciones semibrillantes, hasta sin depósitos de níquel en el borde de la chapa.

Las probetas-patrón a comparar indicando los diferentes estados del baño están representados en la Figura 8.

5.3.4 Baño De Cromado Brillante

Las condiciones de electrolisis para el control de un baño de cromado brillante con la célula de Hull son las siguientes:

Tiempo de electrólisis : 4 minutos

Intensidad de corriente: amperior

Voltaje registrado : 2 voltios

Temperatura : 40 a 45 °C

Anodo : Plomo-estaño

Cátodo : 1) latón pulido

2) Hierro llevando recubrimiento de níquel brillante.

1. Baño normal.

Produce recubrimientos en las zonas de alta densidad de corriente de la probeta, un aspecto mate, mientras en las zonas de baja densidad de corriente no se produce recubrimientos de cromo.

2. Falta de ácido sulfúrico.

La falta de Ácido Sulfúrico hace que la zona de baja densidad de corriente donde no se produce deposición de cromo en un baño normal se agranda, apareciendo irizaciones.

Figura 8
 Diversos Estados De Los Baños De Níquel
 Brillante De Alto Sulfato

Figura 8-1
 Baño Normal



Figura 8-2
 Falta de Níquel Metálico

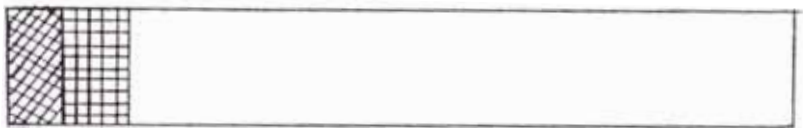


Figura 8-3
 Falta de Iones Cloruro



Figura 8-4
 Falta de Acido Bórico



Figura 8-5
 PH Alto

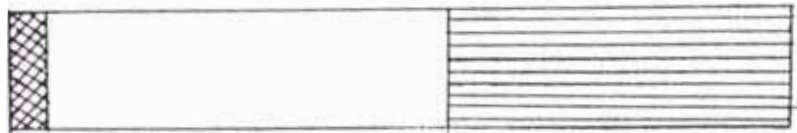


Figura 8-6
 PH Bajo

Figura 8-7
 Exceso de Abrillantador Primario

Figura 8-8
Falta de Abrillantador Primario



Figura 8-9
Exceso de Abrillantador Secundario

Figura 8-10
Falta de Abrillantador Secundario



Figura 8-11
Exceso de Humectante

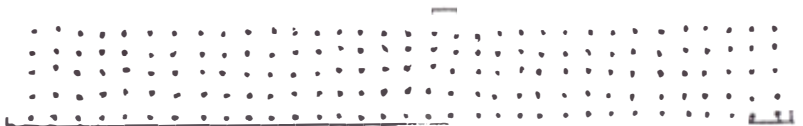


Figura 8-12
Falta de Humectante

negro

Figura 8-13
Impurificación por Cobre

negro

Figura 8-14
Impurificación Por Cinc

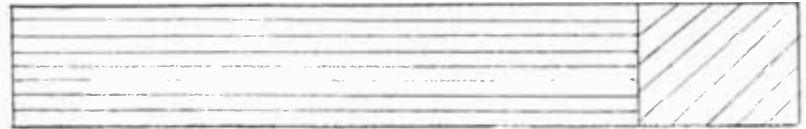


Figura 8-15
Impurificación por Hierro



Figura 8-16
Impurificación por cromo

3. Exceso de ácido sulfúrico.

La zona de **baj** densidad de corriente n se produce deposición de cromo, **se** agranda más **que** los dos casos anteriores.

4. Impurificaciones por Ni, Zn, Cu.

No **se** produce deposición de cromo en casi toda la **hapa** de prueba.

Las probetas-patrón a comparar **indicando** los diferentes estados del baño están representados en la Figura 9.

5.4 EFFECTOS DE LAS IMPUREZAS Y ELIMINACION DE LOS MISMOS.

Como **consecuenci** de los adelantos tecnológicos en los últimos años, **han** aumentado las exigencias de los procesos **electrolíticos**, y la pureza de los baños galvánicos **se na** convertido **en** un factor de vital importancia.

Este factor se ve afectado **por:**

- a. Sales metálicas extrañas, **que** pueden eliminarse por reacciones químicas, intercambiadores iónicos o **lectrólisis** selectivos.
- b. Sólidos en suspensión provenientes de restos de pulido, polvo, sustancias filtrantes y barros anódicos. Todos ellos pueden **separarse** por **filtración**.
- c. Sustancias orgánicas como: grasas, aceites, **humectantes** y productos de descomposición de **abrillantadores orgánicos** que **se encuentran** dentro del **baño**.

Figura 9
s De Los
ñ
Diver s



Figura 9-1
Baño Normal



Figura 9-2
Falta de Acido Sulfúrico

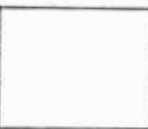


Figura 9-3
Exceso de Acido Sulfúrico



Figura 9-4
Contaminado

5.4.1 Baño de Cobre Alcalino.

Las impurezas que más frecuentemente se presentan en los baños de cobreado la constituyen los iones metálicos: hierro, cinc, cadmio, níquel, plomo y materia orgánica diversa.

La presencia de hierro en el baño ocasiona depósitos de grano grueso, disminuyendo además el rendimiento de corriente catódica. Se elimina el hierro por electrólisis del baño en frío, a baja densidad de corriente (alrededor de $0,1 - 0,21$ A/dm²).

El Cinc disminuye la densidad de corriente del baño. Se elimina de los baños cianurados por electrólisis a baja densidad de corriente ($0,1 - 0,21$ A/dm²) o por tratamiento con sulfuro sódico subsiguiente filtración del precipitado de sulfuro de cinc preparado.

El Cadmio, en cantidades superiores $0,1$ g/l produce manchas; el plomo, con concentraciones superiores a $0,15$ g/l produce polarización excesiva de los ánodos, ocasionando al mismo tiempo depósitos de cobre rugoso, tratándolos con sulfuro sódico y separando el precipitado formado de sulfuro de cadmio y sulfuro de plomo.

El níquel en concentraciones superiores $0,15$ g/l produce depósitos de cobre duros. Se elimina por sí mismo durante su deposición conjunta con el cobre durante la electrólisis.

La presencia de materia orgánica extraña provoca la aparición de epósitos oscuros y frágiles en algunos casos excesivamente duros. Se eliminan tratando este en caliente (50-70 °C) con 5 a 15 gramos por litro de carbón activado. Se agitan durante 2 horas y una vez detectados, se filtran.

5.4.2 Baños De Cobre Ácido.

Las impurezas comunes son: Hierro, Zinc, Cromo e impurezas orgánicas, Cloruro.

El hierro produce recubrimientos quebradizos frágiles, de aspecto mate, con mala adherencia. Este baño electrolítico es controlado por hierro hasta 20 g/l sin que perturbe sobre la deposición de cobre. Su eliminación se realiza llevando el pH del baño electrolítico a 4,8 - 5,2 mediante carbonato de cobre, y separando el hidróxido de hierro precipitado por filtración. A continuación se restaura la acidez añadiendo ácido sulfúrico.

El Zinc y el níquel no influyen sobre la deposición de cobre hasta 4 g/l estos metales se eliminan con cátodos ondulados una densidad de corriente de 0,5 A/dm².

Pequeñas cantidades de cromo hexavalente con reducidas en el baño y solamente aumentan el consumo de abrillantador.

Este baño es muy delicado frente a impurezas orgánicas, la formación de poros, ampollas y otras anomalías en el recubrimiento de cobre, se deben en gran parte a estas impurezas. En baños de cobre ácido, es conveniente utilizar

carbón activado por tratamiento ácido. Puede hacerse una purificación en una sola etapa, con 5 a 15 g/l de carbón activado, aunque es recomendable realizar la purificación en dos etapas de la siguiente manera: Se agrega 5 a 10 g/l de carbón activado agitando durante media hora. A continuación se filtra y se agrega 1 a 2 g/l de agua oxigenada 100 Vol. (agregar en dilución 1:10) agitando durante 2 horas. Luego se agregan nuevamente 5 a 10 g/l de carbón activado, continuando la agitación por otras 3 horas. Finalmente se decanta y filtra.

5.4.3 Baños De Níquel

La presencia en las soluciones-electrolito de materias extrañas, sobre todo Cu, Zn, Cd, Fe, Pb, Al, NO_3^- y productos orgánicos diferentes de los empleados como abrillantadores, pueden producir efectos perniciosos. Estas impurezas pueden provenir de los ánodos, de las sales empleadas en la preparación del baño, o bien de las piezas tratadas en el mismo, mal limpiadas.

La contaminación del baño con materia orgánica es más difícil de evitar, ya que ésta puede provenir de la descomposición de los abrillantadores orgánicos existentes en el mismo, del material filtrante empleado, simplemente de las piezas mal desengrasadas mal enjuagadas. La eliminación de las impurezas orgánicas se realiza tratando el baño contaminado con una mezcla de carbón activo y un producto dispersante, su cantidad oscila entre 5-8 g/l de carbón activo dependiendo de la cuantía de la

contaminación. Después se agitar convenientemente el baño así
tratado se procede a su filtración y ensayo.

La presencia de hierro en el baño origina depósitos "blancos"
al mismo tiempo que provoca en los mismos una excesiva tensión
interior que los hace fácilmente desprendible del metal-base.
Este efecto se base ya cuando la concentración de hierro en
el baño sobrepasa la cantidad de 0,5 - 0,6 g/l. Se elimina
este elemento por electrolisis del baño a baja densidad de
corriente (0,4 - 0,5 A/dm²) bien por oxidación del hierro con
un agente oxidante (H₂O₂) y precipitación y suesivafiltración
del Fe(OH)₃.

El cobre, plomo, cinc y cadmio producen depósitos
pulvulentos oscuros y frágiles. Los dos últimos elementos,
sobre todo producen rayas negras características, muy difíciles
de eliminar. La concentración máxima tolerable de los citados
elementos en los baños de níquel oscila entre 0,008 - 0,01 g/l.
La eliminación de estos metales del baño contaminado se realiza
mediante electrolisis a baja densidad de corriente (0,2 A/dm²).

La presencia de aluminio en el baño provoca la aparición en
las piezas de zonas "picadas" y zonas de gran fragilidad. Se
elimina llevando este a pH=5-5,5 precipitando el hidróxido,
fácilmente separable por filtración.

La presencia en el baño de NO₃H ión NO₃⁻ provoca la
aparición en las piezas de zonas negras desapareciendo el
brillo disminuyendo considerablemente el rendimiento de

corriente. La eliminación de este anión se realiza tratando el baño, llevando el pH entre 0, - 0,8, a alta densidad de corriente, empleando cátodo de hierro. El nitrógeno desprendido durante este tratamiento reduce el ión NO_3^- ión NH_4^+ el cual no perjudica ya.

Contaminación con oxidantes con solución de cromado produce adhesión imperfecta. Los compuestos de cromo hexavalente puede ser reducido con sulfato ferroso precipitados con agua oxigenada y carbonato de níquel, luego se elimina por filtración.

5.4.4 Baños De Cromo.

La presencia de Hierro, ocasiona un cromado de color débilmente azulado, no existen métodos prácticos para eliminar esta impureza, si el contenido de hierro es superior a 20 g/l, es mejor sustituirlo total o parcialmente.

Contaminación de la solución con cloruros o ácido clorhídrico ocasionan recubrimientos quemados, de aspecto rugoso causa de la extraordinariamente levada intensidad que se consigue a tensión normal, debido a la ausencia de la película de peróxido de los ánodos producto de corrosión de los ánodos incapacidad para mantener sobre ellos la película necesaria de óxido de plomo. No es fácil eliminar por métodos químicos los cloruros del baño de cromado.

5.5 CORRECCION DE LOS ELECTROLITOS QUE INTERVIENEN EN EL CROMO BRILLANTE EN FUNCION DE LOS INCIDENTES

Debido a que los pequeños talleres que son una mayoría en nuestro país, no cuentan con laboratorios (debido a lo costoso que le resulta la instalación) para analizar sus baños electrolíticos y poder determinar sus defectos, además que las diversas instituciones que realizan análisis demoran semanas y hasta meses en dar los resultados, presentamos continuación una recopilación de defecto de los baños galvanicos, sus causas y su método de corrección, que por simple inspección el operario puede determinarlo y corregirlo (basado en la experiencia de cerca de 10 años de la compañía, cuyas fallas han sido recopiladas en un Cuadern "historial de los baños electrolíticos de cromo brillante".

5.5.1 Baños De Cobre Alcalino.

INDOLE DEL DEFECTO	CAUSA PROBABLE	METODO DE RECTIFICACION
1. Adherencia imperfecta, ampollas y desprendimientos	<p>a. Exceso de cianuro libre, evidente por una evolución copiosa de gas y por la apariencia brillante y cristalina de los ánodos.</p> <p>b. Insuficiencia de cianuro libre, evidente por la polarización anódica y la escasa o nula gasificación de la solución.</p>	<p>a. Compruébese el contenido en cianuro libre y redúzcase la normalidad con cianuro de cobre.</p> <p>b. Compruébese el contenido libre de cianuro y añádase la cantidad necesaria de cianuro sódico. De no tenerse equipo de pruebas, añádase 3 g/l, aumentando</p>

- | | | |
|--|--|---|
| | | esto si es necesario. |
| | c. Presencia de Grasa, oxido, manchas sobre el metal antes del cobreado. | c. Asegúrese de que las operaciones de limpieza son eficaces inspeccionar los baños de enjuague y las soluciones en caso de que haya grasa. Elimínese todo óxido de los objetos desincrustándolos por ácido, o sumergiéndolos en ácido antes del cobreado |
| 2. Depósito duro de grano fino difícil de "Oxid-r" | a. Densidad de corriente demasiada baja. de corriente. | a. Elévese el voltaje hasta dar la densidad normal |
| | b. Deficiencia en metal en la Solución. | b. Añádase las sales de cobre necesarias, de modo que se obtenga el amperaje correcto con el voltaje de corriente. |
| 3. Depósito áspero granular y opaco de color rojo ladrillo. | Densidad de corriente demasiada elevada, que resulta en un depósito "quemado". | Redúzcase el voltaje y cobréese a más baja densidad de corriente. No debe usarse un área de ánodo demasiado grande para las piezas pequeñas, que deben colgarse, preferentemente, entre las partes mayores que se trabajan. |
| 4. Depósito de buen color y apariencia, pero áspero sobre las superficies que han estado más arriba en la cuba | Materias en suspensión en la solución. | Compruébese el contenido de cianuro libre y añádase cianuro sódico si es necesario. De persistir el defecto déjese posar la |

		materia en suspen- sión sáquese sifón la solución limpia una cuba de repuesto y límpiase la cuba de cobreado antes de volver a echar la solución.
5. Solución Tur- bia.	a. Falta de cianuro libre, indicada por la presencia de un depósito verdoso en los ánodos b. Materias extra- ñas.	a. Compruébese el contenido de cianuro libre y añádase la cantidad necesaria de cianuro sódico. De no tenerse un equipo de pruebas, añádase 0.5 g/l aumentando esto si es necesario. b. Filtrese, eliminense como se ha indicado en la sección 4. mas arriba.
6. Solución Azul	Falta completa de cianuro libre.	Añádase la cantidad necesaria de cianuro sódico. De no tenerse equipo de pruebas, añádase 0.5 g/l por lo menos.
7. Solución muy densa y cristalizada.	Acumulación de Carbonatos.	Previo análisis eliminense por precipitación con hidróxido de calcio.
8. Depósito escaso y gasificación excesiva..	Demasiado cianuro libre o falta de metal en la solución.	Compruébese el cianuro libre y redúzcase, si es necesario, añadiendo cianuro de cobre.
9. Anodos brillantes y cristalinos.	Exceso de cianuro libre	Añádanse cianuro de cobre.
10. Anodos Cubiertos de incrustaciones verdes.	Falta de cianuro libre.	Añádanse cianuro sódico, véase la sección 1.,b

11. Depósito negro sobre los ánodos distinto de la coloración marrón normal	Solución <u>contami</u> nada con <u>plomo</u> , por <u>ejemplo</u> de <u>objetos</u> que hayan caído en la cuba o por haber usado la cuba con <u>guarni</u> ción de <u>plomo</u> .	Averigüese la fuente de <u>contami</u> nación y <u>limínese</u> el <u>plomo</u> de la <u>solución</u> <u>cobreando</u> con <u>cátodos</u> <u>falsos</u> y <u>estregando</u> los <u>ánodos</u> <u>periódica</u> mente para <u>limi</u> nar la <u>película</u> <u>negra</u> de <u>peróxido</u> de <u>plomo</u> .
12. Manchado o descoloración del depósito.	"Moteado" de la <u>solución</u> de <u>cianu</u> ro de <u>cobre</u> <u>proce</u> dente de los <u>poros</u> y <u>defectos</u> en la <u>superficie</u> del <u>me</u> tal <u>base</u> .	Enjuáguese varias <u>veces</u> los <u>objetos</u> <u>cobreados</u> <u>alterna</u> tivamente en <u>agua</u> <u>fría</u> y en <u>agua</u> <u>hirviendo</u> antes de <u>secarlos</u> , o bien <u>caliéntese</u> a <u>120 C</u> en una <u>estufa</u> , y <u>suméjanse</u> - <u>aún</u> <u>calientes</u> - en el <u>agua</u> para <u>eliminar</u> el <u>cianuro</u> .
13. Ausencia de depósito.	<u>a.</u> Defecto <u>eléctri</u> co, <u>polaridad</u> <u>in</u> vertida. <u>b.</u> <u>Exceso</u> de <u>cianu</u> ro que resulta en la <u>producción</u> de <u>hidrógeno</u> en vez de un <u>depósito</u> de <u>cobre</u> , sobre los <u>objetos</u> de <u>hierro</u> <u>colocado</u> y <u>plomo</u> .	<u>a.</u> <u>Compruébese</u> las <u>condiciones</u> <u>eléct</u> ricas.

5.5.2 Baños De Cobre Acido.

INDOLE DEL DEFECTO	CAUSA PROBABLE	METODO DE RECTIFICACION
1. Recubrimientos arborescentes.	<u>Exceso</u> de <u>cloruros</u> o <u>insuficiencia</u> de <u>abrillantante</u> .	Si el <u>contenido</u> de <u>cloruro</u> <u>es</u> <u>elevado</u> lo que se <u>averigua</u> rá por <u>análisis</u> , se <u>desecha</u> un

tercio del baño se precipita mediante sulfato de plata que se añade en muy pequeñas cantidades (2,5 g de sulfato de plata precipitan 1 g de cloruro cuprico). Luego se filtra para eliminar el cloruro de plata. Se evita esta anomalía utilizando agua de bajo contenidos en cloruros.

Si la concentración de abrillante es baja, lo cual puede conocerse mediante la célula Hull deberá aumentarse.

2. Recubrimiento demasiado blando.

a. Bajo contenido en ácido sulfúrico

b. Velocidad lenta de deposición.

c. Temperatura elevada del baño.

a. Corrijase mediante la adición de la cantidad necesaria de ácido sulfúrico puro.

b. Efectúese el recubrimiento a mayor densidad de corriente.

c. Enfriese la solución.

3. Recubrimiento grosero y granular o en caso extremo, oscuro y polvoriento.

a. Acido insuficiente.

b. Densidad de corriente excesiva.

a. Añádase la cantidad necesaria de ácido sulfúrico pero según resulte del análisis.

b. Reduzcase la tensión hasta obtener la intensidad debida. Redúzcase la superficie anódica cuando se recubra un número reducido de objetos pequeños. Si es posible, suspéndanse los objetos

muy pequeños entre piezas grandes colocadas en el baño y no inmediatamente en frente de un ánodo.

c. Temperatura demasiado baja, dando lugar a un recubrimiento "quemado" a densidades de corriente normales.

c. Calientese la solución y evítase la repetición del accidente manteniendo una temperatura ambiente más elevada.

4. Recubrimientos con "lomos" estrizados, dispuestos, casi siempre, verticalmente.

Presencia de impurezas orgánicas en el baño bien exceso de plata o de hierro.

Filtrese la totalidad del baño con carbón activo si está impurificado con sustancias orgánicas.

Si la impurificación es con plata, utilícese durante la noche "cátodos de limpieza" electrolizando una densidad de corriente de $0,5 \text{ A/dm}^2$. Si el hierro es la causa responsable, sigase el procedimiento indicado en "9." rendimiento cático bajo.

5. Recubrimientos oscuros, rayados y no uniformes.

Presencia de impurezas orgánicas.

1 Filtrar el baño través de carbón activo.

2 Si se observan crecimientos orgánicos en el baño (mohos) caliéntese la solución a 60°C durante dos horas o llévase a ebullición después de añadir un poco de agua oxigenada.

6. Recubrimientos duros y quebradizos o requiebrajados (esponjosos).

a. Densidad de corriente excesiva

b. El baño conti

a. Aplicar la densidad de corriente debida.

b. Aplicar el reme

- | | | |
|---|--|---|
| | ene impurezas orgánicas. | dio indicado en 7, c. |
| | c. Impurificación por arsénico. | c. Preparar nuevo electrolito. |
| | d. Temperatura demasiado baja. | d. Si la temperatura está por debajo de 21 °C, elévese hasta 25 °C. |
| 7. Recubrimientos muy duros y en casos extremos, quebradizos. | a. Efecto de una contaminación excesiva por impurezas orgánicas. | a. Filtrese con carbón activo. |
| | b. Acidez excesiva. | b. Determinese la acidez y neutralícese el exceso con carbonato. |
| | c. Pobreza en contenido metálico. | c. Añádase más sulfato de cobre. |
| | d. Solución anormalmente fría. | d. Elévese la temperatura a 25 °C. |
| | e. Contaminación fuerte con hierro. | e. No intente recubrir hierro y acero menos que estén debidamente protegidos mediante el depósito de otro metal. Las piezas huecas de este tipo deben ser taponadas para evitar la introducción de la solución. |
| 8. Formación de rugosidades en los bordes. | a. Distancia entre electrodos demasiado pequeño. | a. Aumentar la distancia entre electrodos. |
| | b. Densidad de corriente excesiva. | b. Disminuir la densidad de corriente. |
| 9. Rendimiento catódico bajo. | Presencia de hierro en exceso. | Tómese las precauciones indicadas en 7, e. Si el accidente se ha presentado, elévese el pH del baño añadiendo una papi-lla de carbonato de cobre (pasta preparada mezclando carbonato de |

cobre con agua) hasta que el papel indicador de pH acusé 5. Seguidamente se inyecta aire limpio en el baño durante unas cuantas horas y a continuación se filtra para eliminar el hierro precipitado en forma de hidróxido férrico. La continuación se restaura la acidez añadiendo ácido sulfúrico. Si el contenido en hierro no es demasiado alto, a través de la solución y reponga se con baño nuevo, operación que resulta siempre más fácil y así tan efectiva como la anterior.

10. Anodos de aspecto muy brillante y cristalino.

Exceso de ácido

Determinese el ácido libre por valoración y neutralícese el exceso añadiendo carbonato de cobre. Este se añade a una porción de la solución contenida en un recipiente y se calienta. Se agita la mezcla la solución neutralizada se devuelve a través de un filtro al baño.

11. Película oscura sobre los ánodos dando lugar a la polarización de los mismos, evitada por una elevación de la tensión.

Falta ácido.

Añádase la cantidad necesaria de ácido sulfúrico puro.

12. Anodos recubiertos de un depósito verde que dificulta el paso de la corriente.

Contaminación con ácido clorhídrico.

El efecto de este ácido es el más perjudicial y es difícil de eliminar. Por ello, en caso de contaminación seria es necesario desecar el baño, limpiar los ánodos y reparar una nueva solución

13. Intensidad anormalmente baja la tensión correcta, como resultado de escasa conductividad.

a. Temperatura muy baja.

a. Calientese la solución, véase 3, c.

b. Falta ácido, sulfato de cobre insuficiente o falta de ambos.

b. Analíse el baño y efectúese las correcciones oportunas.

14. Cristalización parcial de la solución sobre los ánodos y paredes de la cuba.

a. Solución demasiado concentrada.

a. Compruébese la composición de la solución mediante análisis y en caso de no ser posible, compruébese la densidad y luego dilúyase con agua. Regústese la concentración cuando se han disueltos los cristales.

b. Temperatura anormalmente baja.

b. Cuando el accidente se debe a temperatura extremadamente baja y no sobreconcentración, debe calentarse el baño mediante calentador de inmersión o mediante serpentines calefactores recubiertos de lo mo.

5.5. Baños De Níquel.

INDOLE DEL DEFECTO	CAUSA PROBABLE	METODO DE RECTIFICACION
1. Adherencia inperfecta. En los casos extremos, este defecto es visible al quitar las piezas del baño y se evidencia por el desprendimiento del recubrimiento.	a. Alcalinidad de la solución.	a. Compruébese el pH de la solución. Si el valor es excesivamente alto, añádase ácido sulfúrico puro y compruébese de nuevo el pH. Repítase el tratamiento si es necesario. No se añadan de una vez más de 25 cm ³ por cada 100 litros.
	b. Acidez excesiva de la solución, puesta de manifiesto por un desprendimiento gaseoso excesivo en la superficie del cátodo.	b. Compruébese el pH y restáurese el valor normal mediante adición de carbonato de níquel a la solución.
	c. Presencia de grasa.	c. Compruébese las soluciones de desengrase previo para asegurar que trabajen eficientemente.
		2 Examínese la superficie de los baños de enjuague de inmersión, activadores y del baño de níquel para describir la presencia de signos de grasa, que puede proceder de una capa de aceite flotando sobre la superficie del baño de limpieza alcalina, agujeros sin salida en las piezas de una fuente, externa, por ejemplo, maqui

d. Recubrimiento alcalino sobre la superficie de las piezas.

e. Contaminación de la solución con otros metales. El zinc y el cadmio producen fragilidad y desprendimiento del recubrimiento. La presencia de estos metales se nota por la aparición de rayas negras en las zonas de baja densidad de corriente. El cobre, estaño y el plomo también dan lugar a recubrimientos negros. El hierro, en solución, hace el recubrimiento menos dúctil.

naria situada encima de los baños.

3. No se manejen las piezas después de que hayan sido desengrasadas d. 1 Compruébese la reacción del último enjuague frío antes el baño de níquel.

No se suprima el baño ácido de inmersión líquido.

4. Compruébese la concentración del baño de inmersión ácido y remuévase si está gastado.

e. La mayoría de los contaminantes metálicos pueden ser eliminados haciendo funcionar el baño prolongadamente, con catodos ondulados, a una densidad de corriente no mayor de 0,3 A/dm². También puede separarse químicamente de la siguiente manera:

Se disuelve en el baño de níquel un gramo de sulfato ferroso por litro de baño y se añaden 5 cc por litro de baño de agua oxigenada de 20 vol. Luego se eleva el pH del baño a 5 mediante la adición si es necesario, de carbonato de níquel. Se calienta la solución a 65°C y se mantiene esta

temperatura durante o horas. Se enfria, se sitúa la solución clara a una cuba de reserva, se limpia la cuba electrolítica eliminando todo el lodo, y se vuelve a introducir la solución, previo filtrado de la misma. Finalmente se restablece el valor correcto de pH mediante adición de ácido sulfúrico puro.

El hierro sólo puede ser eliminado por adición de agua oxigenada y filtración del hidróxido precipitado. Para evitar la contaminación metálica se utilizarán productos químicos puros, ánodos puros y ganchos anódicos de titanio. Elimínese sin demora cualquier pieza que caiga al fondo de la cuba.

f. Contaminación con oxidantes.

1 Con solución de cromado, con baño de decapado con ácido crómico o bicromatos.

2 Con baños de inmersión abrillantadora de agua regia o nitratos.

f. 1 Los compuestos de cromo hexavalente pueden ser reducidos con sulfato ferroso y precipitados con agua oxigenada y carbonato de níquel luego se eliminan por filtración, tal como se describen en la sección e. para eliminación de impurezas metálicas.

2 Evitese la contaminación teni

g Interrupción en el suministro de corriente, lo cual dá lugar a un recubrimiento laminar; cualquier recubrimiento de níquel después de la interrupción se desprende fácilmente del metal subyacente.

endo cuidado de que no se introduzca agua regia dentro de la columna de níquel por las piezas buccas. Si ocurre una contaminación séria de esta naturaleza a no puede corregirse fácilmente.

g. Compruébese todas las conexiones eléctricas. Una agitación por aire excesivamente violenta puede también ser causa de contactos intermitentes entre las piezas ligeras y los ganchos de suspensión. Si la interrupción de corriente se observa antes de que se reanude el suministro de la misma y se deposite nueva cantidad de níquel el recubrimiento puede roseguir después de que las piezas hayan sido tratadas como sigue: en primer lugar se sacan del baño inmediatamente para someterlas a un enjuague y secarlas; cuando el suministro de corriente se restablece se tratan catódicamente en un baño alcalino de limpieza durante 4 minutos luego se enjuagan; se atacan anódicamente en un baño ácido, durante

minutos y a conti-
nuación, en el
mismo baño, inver-
sión de corriente,
se trata catódica
sólo durante cinco
a diez segundos;
finalmente, se en-
juagan cuidadosa-
mente en dos baños
de lavado agitados
por aire y se res-
tituyen sin pérdi-
da de tiempo en el
baño de niquelado.
Si se ha producido
un recubrimiento
laminar por reanu-
dación de la corri-
ente después de su
interrupción, debe
eliminarse hasta
llegar al metal
base antes de pro-
ceder a un nuevo
recubrimiento.

h. Recubrimiento
realizado sobre un
recubrimiento ante-
rior de níquel o
de cromo.

i. Óxido o desluc-
trado en la super-
ficie de la pieza.

h. Téngase cuidado
de eliminar los
recubrimientos ante-
teriores existentes
al efectuar un
nuevo recubrimien-
to de las piezas.

i. 1 Debe reali-
zarse una opera-
ción de limpieza
adicional, por
ejemplo, una inmer-
sión en cianuro o
una limpieza elec-
trólítica en frío,
para eliminar las
manchas o desluc-
trado. Decátese si
es necesario para
eliminar el óxido.

2 No se deje
secar la superfi-
cie de las piezas
entre las operaci-
ones de limpieza y
las de recubrimi-
ento.

3. segúrese de que las soluciones limpias y agua de los baños de enjuague no estén contaminados

Compruébese que el baño sea "activo" con un pequeño voltaje a través de los armistillas antes de ser cargado

j. Una película intermedia no adherente por ejemplo un recubrimiento de cobre con vejigas

i. Asegúrese de que cualquier recubrimiento previo sea perfectamente adherente al metal de base. El recubrimiento previo es de cobre en baño alcalino segúrese de que el contenido en cianuro del baño de cobre es correcto.

k. Superficie latéxica porosa. Con el transcurso del tiempo puede producirse el desprendimiento, a causa de la hinchazón de la humedad y de los gases debajo del recubrimiento.

k. Generalmente puede evitarse es lo inconveniente con un recubrimiento de cobre de suficiente espesor seguido de un alinado la muestra para cerrar los poros en la superficie Luego se efectúa el níquelado.

2. Recubrimientos agitados con fuertes tensiones internas.

Anhidrido Carbónico (CO₂) en el agua.

Agitación violenta con aire durante 1-2 horas convérgente con pH bajo

3. Recubrimiento de níquel con picaduras.

a. Por oxidación del metal base.

a. Procédase como en la sección k. del número anterior

b. Solución de níquelado excesivamente ácida dando

b. Corrija el valor del pH mediante la adición

lugar un desoreamiento excesivo de hidrógeno en el cátodo.

c. Densidad baja de la solución.

d. Concentración deficiente del metal del metal.

e. Escasa conductividad de la solución.

f. Contaminación del electrólito con materia orgánica, procedente del apresto de los sacos anódicos, restos o pasta de pulir etc.

g. Agitación inadecuada de la solución de níquel cuando trabaja a altas densidades de corriente

h. Grasa en la superficie del baño.

i. Burbujas adheridas.

del carbonato de níquel

c., d. y e. Compruébase mediante un densímetro la densidad del baño y añádase las sales adecuadas de níquel.

f. Destruyase el contaminante orgánico mediante adición de 5 a 10

cm³ de peróxido de hidrógeno al 20 vol por litro de solución de níquel. Déjese reaccionar durante 12 horas por lo menos y luego hágase trabajar el baño durante una hora como mínimo con cátodos limpiadores.

g. Cuando se utiliza agitación por aire debe asegurarse de que los serpentines perforados descansan directamente debajo de las barras catódicas.

h. Compruébase el suministro de aire y la eficacia del dispositivo de filtración del aceite y polvo arrastrado por el mismo.

i. Añadí agua oxigenada. Regulación del pH correcto. Agitación por inyección de aire y movimiento de los objetos que se recubren.

4. Recubrimientos con color defectuoso.

a. Franjas negras

a. Baño impurificado por cinc.

a. Trabajar con cátodos purificados durante algunas horas con 0, A/dm².

b. Amarillento

b. pH excesivo

b. Neutralizar hasta el pH correcto.

c. Amarillento

c. Baño impurificado, por materias orgánicas.

c. Filtrar con carbón activo o tierra de infusorios.

d. Oscuro

d. Baño impurificado por el cobre.

d. Hacer funcionar el baño durante Varias horas con ,2 A/dm².

e. Negro

e. Exceso de Cinc

e. Hacer funcionar durante algunas horas con 0,5 A/dm².

5. Recubrimientos estriados y manchados.

Contaminación orgánica. Estas impurezas también disminuyen el poder catódico producen recubrimientos duros, frágiles, brillantes, algunas veces oscuros, manchados rugosos y también dan lugar a la formación de poros.

Filtrese la solución a través de carbón activo. Vigílese con el mayor cuidado las posibles fuentes de contaminación: apresto de los cacos anódicos, productos de descomposición de abrillantes, productos cedidos por los recubrimientos orgánicos de las cubas, etc. al objeto de eliminarlas.

6. Recubrimientos foliados.

Interrupciones de corriente o extracción de los objetos fuera del baño durante la operación.

Revisar los conductores y contactos. No sacar los objetos del baño durante el tratamiento.

7. Recubrimiento foliado y resquebrajado

a. Exceso de absorción de hidrógeno en el desengrase electrolítico.

a. Desengrase más breve, eventualmente renovar el baño

b. Exceso de acidez o de alcalinidad

b. Corregir pH

	<p>c. Excesiva <u>concentración</u> de <u>materiales</u> orgánicas (abrillantadores).</p> <p>d. Baño <u>impurificado</u> por metales extraños (hierro).</p>	<p>c. Hervir con agua oxigenada o con peróxido de sodio; filtrar con carbón activo.</p> <p>d. Efectuar una purificación <u>hirviendo</u> el baño con carbonato de níquel, el cual se añade en pequeñas porciones en forma de papilla hasta que el pH del baño sea de 5; eventualmente se añade un poco de agua oxigenada para pasar el hierro a la forma <u>férrica</u>, se deja depositar el precipitado y se filtra. Se ajusta de nuevo el valor del pH por adición de ácido sulfúrico.</p>
<p>8. Recubrimiento mate.</p>	<p>a. pH erróneo</p> <p>b. Exceso de ión cloruro.</p> <p>c. Densidad de corriente excesiva</p>	<p>a. Regular el valor de pH</p> <p>b. Añadir sulfato de níquel</p> <p>c. Reducir la corriente o aumentar la superficie catódica.</p>
<p>9. Recubrimientos quebradizos con altas concentraciones; fragilidad después del recocimiento con bajas concentraciones.</p>	<p>Concentraciones orgánicas de azufre.</p>	<p>Filtrese con carbón activo y sométase a <u>electrólisis</u> con 0,2 A/dm²</p>
<p>10. Recubrimientos quebradizos y duros especialmente en zonas expuestas a bajas densidades de corriente.</p>	<p>El baño contiene plomo.</p>	<p>Depuración del baño con cátodos ondulados efectuando una <u>electrólisis</u> con densidades de corriente de 0,2 A/dm².</p>

11. Recubrimientos quebradizos y frágiles, de aspecto mate, con mala adherencia.

El baño contiene hierro.

La misma depuración prescrita para el caso anterior. También puede adoptarse el procedimiento de purificación descrito en el caso que sigue.

12. Recubrimientos quebradizos y frágiles.

El baño contiene exceso de iones amonio, sodio, potasio o aluminio o bien materia orgánica.

Concentración de ácido bórico demasiado bajo.

La solución contiene exceso de agua oxigenada.

Si la falta está producida por un exceso de iones sodio, amonio o potasio, solamente se puede remediar por filtración a través de una resina intercambiadora de iones (ceolita) o bien sustituir un tercio del baño por solución recién preparada.

Si la impureza es un exceso de iones aluminio, se puede elevar el pH de la solución (con adición de carbonato de níquel) a un valor superior a 5, calentar la solución a unos 70 °C para facilitar la coagulación del precipitado de óxido de aluminio hidratado y filtrar.

Si la causa del defecto es la presencia de materia orgánica filtrarse la solución a través de carbón activo según la técnica de purificación que se describe más adelante.

Si la solución tiene una concentración demasiado

13. Recubrimientos quebradizos oscuros en especial en las partes sometidas a densidades de corriente baja.

El baño contiene cobre o cinc.

baja de ácido bórico, la cual no es muy frecuente, añádase este en la cantidad suficiente para restablecer la concentración inicial. Esta cantidad puede determinarse por análisis.

Efectúese una electrolisis del baño utilizando cátodos de purificación (el cobre sirve para este fin, con una densidad de corriente catódica de 0,2 a 0,3 A/dm²)

Según la cantidad de impurezas presentes, la operación puede durar de 2 a 8 horas.

14. El recubrimiento está quemado.

a. Contenido metálico bajo.

b. Temperatura baja.

c. Concentración de cloruro bajo.

d. Densidad de corriente excesiva

a. Elévese la concentración en metal.

b. Elévese la temperatura

c. Elévese la concentración de cloruro.

d. Es la causa más frecuente de este defecto. Para evitarla, disminúyase la densidad de corriente, o bien usense ladrones de corriente o plantillas para aquellas piezas que por su forma exponen ciertas zonas a densidades de corriente mucho más elevadas que las zonas contiguas.

e. Exceso de agua oxigenada.

f. Exceso de iones aluminio en el baño.

15. Recubrimientos rugosos oscuros y granulantes, particularmente en los cantos y extremidades de las piezas.

Excesiva densidad de corriente que da lugar a la formación de un depósito quemado.

16. Rugosidad del recubrimiento.

a. Materia en suspensión en el electrolito, por ejemplo polvo de las operaciones de pulido, óxidos de níquel o de hierro

b. pH demasiado alto.

c. Concentración de ácido bórico demasiado bajo.

d. Densidad de

e. Desconpóngase por el calor el exceso de agua oxigenada.

f. Elévese el pH de la solución como se ha indicado anteriormente.

Redúzcase el voltaje a la entrada del baño. La conductividad de las soluciones de níquel disminuye rápidamente a medida que disminuye la temperatura y la densidad de corriente permitida disminuye correlativamente.

a. Filtrese la solución y evítese la reaparición de accidente observando las siguientes precauciones:

1. Mantengase el baño cubierto cuando funcione.

2. Cuando el baño ha estado ocioso durante cierto tiempo, espúmese la solución si existe polvo en la superficie.

3. Cuidese de que los sacos anódicos sean limpiados regularmente y de que no tenga agujeros.

b. Determinese el valor del pH y redúzcase al correcto.

c. Auméntese la concentración de ácido bórico.

d. Disminúyase la

corriente excesiva

e. Concentración de cloruro bajo.

f. Partículas o barro anódicos en el baño.

g. Hierro en formas básicas.

densidad de corriente o utilicesse pantallas protectoras para mejorar la distribución de las líneas de corriente.

e. Valórese la concentración de ión cloruro y aumente se hasta su valor correcto.

f. Cúbranse los ánodos con sacos de un material adecuado.

g. Si el valor de pH es muy alto, todo el hierro que contenga el baño precipitará en forma de hidróxido permaneciendo parte de este suspendido en la solución. Disminúyase el pH y fíltrese el baño.

17. Recubrimiento oscuro, negro.

18. Rendimiento catódico bajo, o falta de depósito metálico.

Contaminación metálica de la solución de níquel.

a. Falsos contactos, por ejemplo, conexiones eléctricas flojas o corroídas, barras sucias, etc.

b. Puede ser también debido a contaminación de la solución por oxidantes, tales como ácido crómico, nítrico o agua regia.

c. Polaridad invertida.

Véase el caso número 1, c.

a. Compruébese el sistema eléctrico y todas las conexiones.

b. Procédase como en el caso anterior 1, f.

c. Compruébese la polaridad en los terminales de la cuba; puede resultar una contaminación importante de la solución de

d. Pasividad del cátodo.

e. El pH es demasiado bajo.

f. La concentración del metal es demasiado baja.

g. Presencia de cobre o de cinc en la solución en cantidad superior a 0,04 g/l para el primero y 0,05 g/l para el segundo.

19. Poder de Penetración bajo.

Si se trata de un baño de pH bajo:

a. Concentración metálica demasiado baja.

b. Densidad de corriente demasiado baja.

c. Temperatura demasiado baja.

d. La solución contiene un exceso de

niquel, si la inversión dura más de un breve momento.

d. La pasividad de la superficie generalmente puede ser vencida por:

1. Ataque anódico.
2. Restregado o cepillado con gatas
3. Pulido.

e. Elevese el pH hasta su valor adecuado.

f. Auméntese el contenido metálico hasta su valor correcto.

g. Se puede eliminar por electrólisis con cátodos purificadoras y densidad de corriente de 0,2 A/dm² para el cobre y 0,5 A/dm² para el cinc. Empleando cátodos ondulados pueden separarse en una sola operación. El cobre se separa en las partes profundas en las cuales existe menor densidad de corriente.

a. Determinese por análisis el contenido metálico del baño y restablézcase la concentración adecuada.

b. Elevese la densidad de corriente

c. Elevese la temperatura

d. Elevese temporalmente la tempe

agua oxigenada.

e. La solución con
tiene hierro

f. La solución con
tiene materia orgá
nica.

Si se trata de un
baño de pH alto:

a. Contaminación
por cobre o cinc

b. El baño contie
ne exceso de agua
oxigenada.

c. Densidad de co
rriente excesiva
mente alta.

20. pH Difícil de
controlar.

a. Concentración
de ácido bórico
demasiado bajo.

b. Anodos polariza
dos o pasivados.

21. Formación de
recubrimientos de
masiado lenta.

a. Poca intensidad
de corriente.

b. Bajo contenido
de sal metálica en
la solución.

22. Anodos pasiva
dos o polarizados

a. Densidad de
corriente demasi
ada alta.

b. pH excesivamen
te alto.

c. Concentración
de cloruros dema
siado bajo.

ratura con el fin
de descomponer el
agua oxigenada.

e. Elimínese el
hierro según las
instrucciones da
das en el número
i, e.

f. Elimínese la ma
teria orgánica
según las instruc
ciones dadas ante
riormente.

a. Elimínese el
cobre o el cinc
según se ha
indicado antes.

b. Elimínese el
agua oxigenada se
gún se ha indicado
anteriormente.

c. Disminúyase la
intensidad de co
rriente.

a. Auméntese la
concentración de
ácido bórico.

b. Léase el caso
23, referente a la
polarización de
los ánodos.

a. Limpieza de los
contactos.

b. Añadir sal metá
lica para reforzar
y comprobar si la
disminución se
debe a pasivado de
los ánodos.

a. Redúzcase la
densidad de corri
ente sobre los
ánodos.

b. Disminúyase el
pH hasta alcanzar
el valor adecuado

c. Préstese atenci
ón a la composici
ón de los ánodos.
Desconfíese siem

pre de los ánodos de procedencia desconocida. Compruébese el contenido en cloruros del baño; si esto es insuficiente, los ánodos no se disolverán.

5.5.4 Baños De Cromo Brillante.

INDOLE DEL DEFECTO	CAUSA PROBABLE	METODO DE RECTIFICACION
1. El depósito se ampolla o se desprende del metal base.	Debido invariablemente a escasa adhesión del recubrimiento de níquel subyacente que se desprende bajo las tensiones provocadas por el recubrimiento de cromo.	Compruébese la eficacia de la limpieza de las piezas antes del níquelado. Asegúrese de que el baño de níquelado está en buenas condiciones. Los recubrimientos de níquel quebradizos y escasamente adherentes no pueden resistir la acción de un cromado.
2. Recubrimiento que se exfolia en forma de polvo fino metálico sin adherencia, en algunas zonas, al salir del baño.	Se trata siempre de una segunda capa de níquel muy fina, no adherida, que se pulveriza bajo la acción de la electrólisis.	En estos casos deben evitarse las interrupciones de corriente que en el níquelado pueden provocar la formación de dos películas mal adheridas.
3. Cromado de un color débilmente azulado.	Debido, en general a un exceso de hierro que afecta de esta forma al color del cromo.	No existe métodos prácticos para eliminar esta impureza. Si el análisis señala que el contenido en hierro no es excesivo, será suficiente aumentar la canti

4. El depósito es áspero, ris mate y arenoso en las extremidades de la pieza.

a. Depósito quemado por excesiva densidad de corriente.

b. Temperatura excesivamente baj

c. El contenido de metal o de ácido activado es muy pequeño.

5. Manchas blancas mates, generalmente visibles en el centro de las piezas, que tienen la forma de vetas o estrias.

El contenido de cromatos ha aumentado ligeramente y si la relación $SO_4 CrO_3$ se mantiene correcta, la cantidad de SO_4 resulta insuficiente.

dad de ácido cromo para que el color vuelva a ser el normal. Si el contenido es superior a 20 g/l es mejor diluir el baño o sustituirlo parcial o totalmente.

a. Reducir la tensión, y si se recubren pequeñas piezas en ánodos salientes, suspéndaselas entre otras grandes piezas en el baño y dispóngaselas de forma que los bordes agudos se dirijan hacia arriba en direcciones opuestas a los ánodos.

b. Agítase cuidadosamente la solución

y compruébese su temperatura.

c. Agregar ácido cromo o ácido activado según los casos. Véanse prescripciones de análisis.

Añadir ácido sulfúrico en pequeñas dosis. Cuando se considere necesario efectuar adiciones de ácido sulfúrico, deben realizarse por separado sobre 10-20 litros del baño a los que se añadirán

algunos cm^3 de ácido; este líquido

6. Depósitos principalmente brillantes, pero ensuciados por tiznados lunares mates.

Presencia de grasa en el depósito subyacente de níquel

do es el que se vierte en el baño, mezclándolo mediante una enérgica agitación fin de que el ácido sulfúrico pueda efectuar una acción completa evitando la estratificación el mismo por diferencias de densidades, con una mayor riqueza en el fondo de la cuba.

Elimínese el recubrimiento de cromo de la pieza, acídese, séquese y afínese el recubrimiento de níquel sobre un disco blando. Evítese este accidente teniendo cuidado de limpiar la superficie de la pieza de grasa en el acabado de níquel

7. Discontinuidad del recubrimiento de cromo dejando visible el níquel en ciertos puntos.

a. Temperatura de la solución electrolítica demasiado alta para el contenido de Cr_2O_3 alta

a. Hagase circular agua fría por la camisa exterior del baño de cromado déjese sin funcionar el baño hasta que su temperatura sea normal.

b. Conexiones anódicas sucias.

b. Límpiense las barras y ganchos.

c. Mal contacto, ya sea entre la pieza y el elemento de suspensión o entre éste y la barra catódica.

c. Elimínese frecuentemente los recubrimientos de cromo de los contactos de suspensión y asegúrese de que todas las conexiones sean seguras y limpias.

d. Apantallamiento de una pieza por otra.

d. No se sobrecargue el baño y evítense el apantallamiento de unas piezas

e. Cuando el recubrimiento no toma la forma de pequeñas manchas sin depósito alrededor de los agujeros, partes recónditas, bordes tozcos o parte inferior de la pieza el defecto es generalmente debido a la formación de bolsas de gas burbujas del mismo que han quedado agheridas. También pueden ser debido a un exceso de cromatos.

8. Zonas de cromado en piezas grandes o en hiladas de piezas, mientras que las piezas pequeñas se quedan perfectamente cromadas.

9. Piezas sin recubrimiento de cromo en el centro y quemadas en sus extremos.

Inestabilidad del baño que sólo se manifiesta cuando este es nuevo y es consecuencia de la falta de cromatos.

Exceso de ácido sulfúrico.

zas por otras asegurando que se encuentra en línea recta con los ánodos.

e. Tapónense todos los agujeros y grietas, y suspéndase las piezas de tal forma que se evite la formación de bolsas de gas. Se necesitan ánodos auxiliares para recubrir el interior de vajilla hugca, pero en cualquier caso el recubrimiento de cromo puede ser placado en el interior de las partes recónditas con un golpe de corriente introduciendo las piezas en el baño con sobrevoltaje durante unos 15 ó 20 segundos. Se utilizan unos 5 voltios y luego se continúa en el recubrimiento unos 4 voltios durante el tiempo necesario.

Hacer funcionar el baño con una superficie anódica insuficiente hasta que se corrija el defecto.

Previo determinación del contenido en SO_4 , se corregirá

el exceso por los métodos habituales.

10. Pellicula muy débil o nula

a. Pasada vida del recubrimiento de níquel, debido a la formación de una capa de óxido visible sobre él que hace difícil el cromado

b. Caso raro producido por la adición errónea asiva

de ácido sulfúrico con desprendimiento gaseoso intermitente.

c. Débil concentración de ácido crómico 125-150 g/l, si el desprendimiento gaseoso no es intermitente.

1. Recubrimiento parcial en zonas irregulares al descubierto en cualquier parte de la superficie, en partes roncadas o en zonas alejadas de los nodos, donde la densidad de corriente efectiva es baja

a. Solución fuera de equilibrio.

b. Desigual distribución de la corriente.

c. Intensidad de Corriente demasiado baja.

ales (preipitación) o exceso de sulfato con contenido de ariu.

a. Lávese, séquese y fílese el electrodo en un baño de tela blanda. Crómese sin demora las piezas después de lavadas, a la salida del baño de quelado brillante. No se laven las piezas en agua caliente ni se sequen antes del cromado

b. Por vía de la adición exacta de SO_4 se corregirá

el exceso por los métodos habituales

c. Corregir la densidad del baño por adición de la cantidad correspondiente de ácido crómico

a. Sométase una muestra a análisis

b. Sepárense las piezas de forma que no se hagan mutuamente efecto de pantalla y si es necesario edistribúyanse los ánodos y utilícese ánodos auxiliares

c. Auméntese la densidad de corriente, asegúrese de que los contactos son eficientes y de que los electrodos de suspensión

- | | | |
|--|---|--|
| | | son capaces de transportar la intensidad necesaria. |
| | d. Elevada temperatura del baño. | d. Entríese la solución o actúese contra el escaso renimimiento catódico aumentando la densidad de corriente. |
| | e. Contenido excesivo de cromo trivalente en la solución, revelado por el análisis. | e. Se evitará un mayor deterioración del baño aumentando la superficie anódica. |
| 12. Falta de recubrimiento. | a. Falsos contactos eléctricos, baja intensidad o polaridad invertida. | .La polaridad inverda se pone de manifiesto por un ataque enérgico de la superficie de las piezas. Compruébese la polaridad límpiense todo los contactos, examínense los ánodos y compruébese las condiciones eléctricas generales. |
| | b. Defecto de la solución; contaminación con ácido clorhídrico. | b. La contaminación con ácido clorhídrico también se indica por la corrosión de los ánodos. Deben tomarse todas las precauciones para evitar la introducción de este ácido que es el más perjudicial y no puede eliminarse fácilmente. |
| 13. Recubrimiento de cromo gris mate, pero liso. | a. Contacto intermitente. | a. Límpiense todas las barras y conexiones y asegúrese un buen contacto. |
| | b. Temperatura excesiva de las piezas en el momento de efectuar la | b. Las piezas que se han calentado durante las operaciones de repulido |

carga.

14. Recubrimiento de cromo gris mate rugoso, granular en los extremos de la pieza.

a. Recubrimiento quemado debido a utiliza excesiva densidad de corriente.

b. Temperatura demasiado baja.

15. Manchas de color pardo o iridescentes en las piezas, a la salida del baño.

a. Las manchas son visibles sobre toda la superficie de las piezas lo mismo que en el interior que en la exterior. En un baño con un contenido normal de Cr_2O_3 y exento

de impurezas, este fenómeno es indicador de falta de ácido sulfúrico.

b. Las manchas aparecen sólo en partes mates y en los interiores, indicio de muy débil densidad de corriente con una posible ligereza falta de ácido sulfúrico

del depósito de níquel, deben dejarse enfriar hasta que su temperatura no sea superior que la de la solución de cromo.

a. Reduzcense la tensión, y si se recubren pequeñas piezas con puntas agudas suspéndase en el baño entre otras piezas grandes y dispóngase la proyección de las aristas agudas en dirección hacia arriba en dirección opuesta a los ánodos.

b. Agítense cuidadosamente la solución electrolítica y tómese su temperatura.

a. Efectúese el análisis del baño y la corrección correspondiente.

b. Asegurar primero que las manchas no provienen de una deficiencia de contacto o una mala repartición de la corriente en especial si las manchas son refle

16. Contaminación de las soluciones con metales extraños, según revela análisis.

a. Provocadas por las piezas o lambrés de suspensión caído al fondo de la cuba.

b. Contaminación procedente del interior de las piezas piezas piezas.

17. El baño precisa frecuentes adiciones de ácido sulfúrico.

a. Insuficiente superficie anódica.

b. Llevar las piezas al baño con suciedad o materia grasas en su superficie.

c. El contenido de hierro aumenta, ya sea por el ataque a las paredes o fondo de las cubas o bien por trabajar con ánodos de hierro.

jo iridisados. Añadir unas gotas de ácido sulfúrico ya que el baño está muy cerca del valor óptimo.

a. Rastrillese el interior del baño con un rastrillo de hierro y recupérese cualquier pieza perdida. Por ser anódico el hierro se ataca sólo lentamente, pero el latón y otros metales no férricos, tales como el cobre y el cinc, se atacan rápidamente y provocan la deterioración del baño, a menos que se eliminen inmediatamente del mismo.

b. Cuando sea posible, tapónense las partes huecas para evitar el ingreso de la solución.

a. Restablecer la suficiente superficie anódica.

b. Como en el caso anterior el fenómeno es debido al rápido aumento de cromatos. En este caso se remedia evitando la impurificación del baño.

c. Recubrir la cuba con cloruro de polivinilo, utilizar ánodos de plomo, no dejar en contacto las piezas de hierro con la solución un tiempo apreciable

d. Rápida renovación del baño por oxidación con considerable arrastre de la solución, e especial en celdas pequeñas con trabajo intenso de grandes superficies o piezas huecas.

18. La densidad del baño no se altera.

Este ilógico comportamiento debe ponerse en guardia al cromador, pues en la mayor parte de los casos el causante que lo produce es la formación de cromatos.

19. Trabajo peregrino del baño, debido a la alteración de la solución por reducción del ácido crómico o compuestos de cromo divalente.

a. Superficie anódica demasiado pequeña o debido a falta de funcionamiento de algunos ánodos que obligan a quedar recubiertos de incrustaciones de cromato de plomo.

b. Contaminación de la solución con materia orgánica.

sin aplicar corriente

d. Estas adiciones son perfectamente lógicas para mantener en condiciones correctas la relación CrO_3/SO_4 y

en este caso se requieren también incrementos de ácido crómico para poder mantener la densidad del baño.

Debe buscarse la causa de la formación de cromatos y actuar lo necesario para eliminar sus defectos antes de que el contenido en cromatos sea lo suficientemente elevado para utilizar el baño, ya que cuando se estabilizan es difícil costoso

a. Es necesario que la superficie anódica activa sea un 20% mayor que las piezas en el baño. Los nodos deben efectuar un buen contacto eléctrico con las barras y deben estar recubiertos de una película de peróxido de plomo.

b. La solución de ácido crómico oxidada y destruye rápidamente la mayoría de las sustancias orgánicas y al efectuarlo se reduce el cromo trivalente

lente, por lo que debe evitarse con el mayor cuidado la contaminación.

5.6 RESULTADOS.

continuación presentamos el consumo promedio mensual durante los años 1988, 1989, de productos químicos en la compañía que realizamos este trabajo y el consumo de productos químicos en 1990 aplicando la Célula Hull. Hacemos incapié que la compañía produce diario 500 cascos de licuadoras Sumbean y 500 cascos de planchas Imaco.

SUSTANCIAS	CONSUMO 88/89 MENSUAL (Kg)	PRECIO \$/Kg	CONSUMO 90 MENSUAL
Sal desengrasante "Activad"	4	8.00	4
DCM	4	6.00	4
Soda Cáustica	18	.50	18
Cianuro de Sodio	45	4.90	40
Cianuro de Cobre	15	9.50	12
Cobre Electrolítico	105	3.00	110
Sulfato de Cobre	60	.85	60
Acido Sulfúrico	40	0.60	40
Cupracid A	12	22.10	7
Cupracid B	10	22.10	7
Sulfato de Níquel	50	11.00	50
Cloruro de Níquel	25	7.50	20
Acido Bórico	15	3.00	15
Níquel Electrolítico	50	13.00	50

Stratolux	12	14.5	7
Correctora	6.5	10.49	
Humectante	5	8.89	3
Acido Crómico	30	7.80	30
Plomo	10	1.00	10

De ello concluimos que el promedio mensual del costo de materia antes de implantar la Célula Hull fue de \$ 3326.735, mientras que después de implantar la célula de Hull fué de \$ 2948.18, o sea un ahorro de 378.55 que representa un 11.4 %

De igual manera presentamos el cuadro estadístico de fallas de los años 1988 y 1989 antes de aplicar la Célula Hull y del año 1990 después de aplicar la Célula de Hull.

MES	Fallas en % Licuadoras Planchas		Fallas en % Licuadoras Planchas		Fallas en % Licuadoras Planchas	
	1988	1988	1989	1989	1990	1990
ENERO	14	7	13	8	8	5
FEBRERO	6		16	7	6	4
MARZO	14	7	16	7	5	3
ABRIL	16	9	1	6	6	
MAYO	12	7	12	5	7	4
JUNIO	15		14	7	8	4
JULIO	13	8	18	8	6	3
AGOSTO	16		12	6	6	4
SETIEM.	14	6	14	7	8	4
OCTUBRE	13	6	14	7	6	2
NOVIEM.	15	8	12	6	6	3
DICIEM.	12	6	10	8	-	-

Vemos pues un relativo éxito en cuanto al porcentaje de fallas de haberse reducido.

CAPITULO VI

CONTROL DE LAS CARACTERISTICAS FISICAS Y ELECTROQUIMICAS DE LOS ELECTROLITOS Y DEL UTILLAJE UTILIZADO EN LA ELECTRODEPOSICION

4.1 GENERALIDADES.

Muchas veces se piensa que los problemas que se presentan en la planta se debe exclusivamente a los defectos electroquímicos y lo único que hay que hacer es cambiar el cobre en estas soluciones, agregando activador, o los inoculantes, paros e la producción reduciendo que afectan costosos los baños electroquímicos etc. Creando grandes pérdidas económicas, porque los problemas presentados no son debido a las causas mencionadas anteriormente, sino a los parámetros físicos y electroquímicos que son dependientes del mismo de el utilaje empleado.

A continuación damos pautas para controlar las características físicas electroquímicas y utilaje en un talón galvánico.

6. MEDICIONES FISICAS EN LOS BAÑOS GALVANICOS SUS EFECTOS.

No es suficiente el haber realizado el análisis químico adecuado, es necesario además efectuar un control de las "características físicas" de los electrolitos e de ellos, verificando continuamente:

Temperatura.

- b. Concentración de la solución electrolítica
- c. Magnitudes eléctricas (intensidad, resistencia eléctrica, densidad de corriente, volumen de corriente, concentración de corriente, rendimiento de corriente, rendimiento del ánodo, potencia de dispersión y potencia de penetración).
- d. Resistencias, conductividad etc.
- e. Tensión y energía consumida
- f. Potencia y energía consumidas.

Relación Auer, es a:

6. .1 Concentración De La Solución-electrolito

Se determina mediante la densidad que viene a ser la cantidad de masa contenida en una unidad de volumen. La densidad se puede averiguar determinando el peso y dividiéndolo por el volumen calculado:

$$d = \frac{P}{V}$$

Donde P está expresado en gramos y v en centímetros cúbicos.

El galvanotécnico tiene que medir la densidad de cuerpos líquidos: baños electrolíticos, baños de decapado, ácidos, etc para poder determinar las concentraciones. Para ello se usa normalmente el densímetro. Consiste de un cilindro vacío hueco, en cuyo extremo inferior se ha soplado una bola que está llena de perdigones o mercurio, mientras que el extremo superior se ha

se le puso un tubo más estrecho con divisiones. Con esta construcción se consigue que el densímetro nade siempre vertical. Según el principio del empuje el densímetro sumergido en un líquido se encuentra una inmersión tal que el peso del líquido desplazado sea igual al peso propio del instrumento. En líquidos poco densos se sumerge, pues, profundamente, mientras que en líquidos densos la inmersión es poco profunda. Por ello se puede determinar el peso específico de la muestra de la profundidad de inmersión directamente o por lectura de la división que se halla al punto de corte de la escala con la superficie del líquido.

Hay que tener en cuenta al determinar densidades de líquidos que estos, por el calor se dilatan considerablemente y por ello se contraen.

Por lo tanto, para obtener números comparables se debe efectuar la determinación siempre a la misma temperatura, preferentemente a temperatura ambiente.

La verificación de la exactitud del electrólito es de gran utilidad, ya que nos proporciona información acerca del estado del mismo debiendo ser tomada y registrada en tirnas una vez por semana.

6.2.2 Temperatura De Los Electrólitos.

Es la medida del calor. Es sólo de nuestro interés del termómetro de Celsius. En éste, como se sabe el punto de congelación del agua es 0 °C y el de ebullición del mismo líquido al nivel del mar, 100 °C.

En la medición de la temperatura con el termómetro, sólo habrá que observar que el mismo esté introducido en el líquido el tiempo suficiente para que adquiera la temperatura de éste y que la lectura se efectúe inmediatamente después de sacarlo del baño, o mejor, sumergido en el líquido.

o.2.3 Magnitudes Eléctricas.

a. Intensidad.

Se define como la cantidad de electricidad que circula en un segundo por la sección transversal de un conductor o de un baño.

Por los efectos químicos se han definido legalmente la unidad de intensidad de corriente, el amperio internacional, como sigue: "el amperio es la unidad de intensidad de corriente eléctrica. Es la corriente constante que circulando por una disolución acuosa de nitrato de plata deposita en un segundo 0,001118 de plata".

b. 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 expresado por:

$$c = I t$$

La unidad de carga eléctrica es el Coulombio, que representa la cantidad o carga que pasa por segundo cuando la corriente es

de 1 amperio. Con ello se depositan, pues 0,001118 g de plata. Un instrumento que se utiliza para medir la cantidad de **electricidad** por ende, indirectamente la corriente o tasa de flujo, es el llamado coulómetro. En la práctica se utiliza como coulómetro una solución ácida de cobre, y se mide el peso del cobre depositado para conocer la cantidad de electricidad.

c. Densidad De Corriente.

En lo referente a los baños galvánicos viene a ser la intensidad de corriente que circula por una superficie de 1 dm². La densidad de corriente media puede deducirse fácilmente, dividiendo la **intensidad** total que indica el amperímetro por la superficie de la pieza, y, en el caso de la densidad de corriente anódica, por la superficie de los ánodos.

Dado que en las **esquinas y en** las aristas las líneas de corriente se reúnen, siendo, por tanto, aquí **más** elevada la **densidad** de corriente que en el centro de grandes superficies, es conveniente menudo, poder medir la densidad de corriente en lugares determinados.

Para medir la "densidad de corriente catódica media" de trabajo se ha propuesto el instrumento denominado "catósfera". Consiste en una esfera (superficie ideal ya que no posee ángulos) de acero, cobre o latón pulida, de 1 dm² exacto de superficie, la cual está unida a un amperímetro de gran precisión. La determinación de **la densidad** de corriente se

realiza por simple inmersión de ese cátodo esférico en el electrolito, colgando el conjunto de la catódfera de la barra catódica y observando la lectura del amperímetro, la cual, teniendo en cuenta la superficie de la bola sumergida (de 1 dm²) nos dará directamente la "densidad de corriente catódica". En la Figura 10 se expone un esquema de este aparato. La verificación de la "densidad de corriente media anódica" se realiza con la ayuda de un aparato anómetro o anódfera, de similar concepción que el precedentemente señalado.

La densidad de corriente media hallada deberá ser acorde con la relación superficie anódica/superficie catódica existente para cada baño en su formulación o señalada para cada baño por la firma suministradora del mismo.

d. Volumen de Corriente.

Se define por la relación entre la capacidad del baño y la carga eléctrica, o sea, la cantidad de baño líquido en litros que corresponde a la unidad de carga eléctrica. En la actualidad en nuestro medio no se le ha concedido todavía gran atención, pero que posee la misma importancia para el trabajo uniforme de los baños y el mantenimiento de la composición constante en los mismos.

Cuanto menos sea el volumen de corriente más difícil resultará mantener constante el baño.

e. Concentración de Corriente.

Es la relación inversa del volumen de corriente.

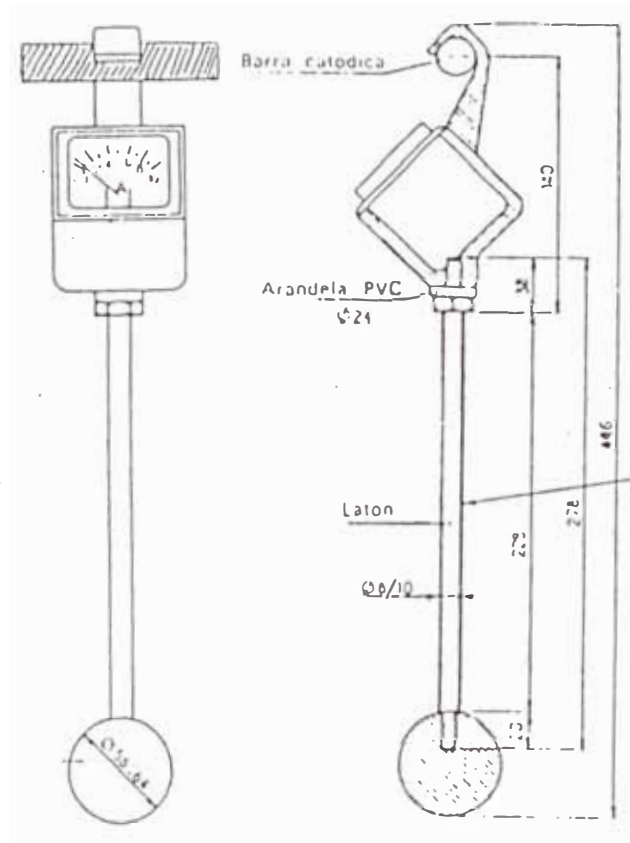


Figura 10

Esquema del catómetro de esfera o catósfera Glayman. (Glayman S.A., Montreuil/Seine, Francia).

f. Rendimiento de Corriente.

El metal que debería ser depositado teóricamente o bien disuelto en el ánodo, según la ley de Faraday sería,

$$G = c \cdot I \cdot t$$

donde

c = Am. / los

t = Segundo

c = Equivalente de deposición

G = gramos

Si se trata de un caso de procesos simultáneos de oxidación y reducción, etc., se alcanza siempre este valor teórico, pues lo mismo en el ánodo que en el cátodo hay pérdidas. Por ello hay que multiplicar en el producto $c \cdot I \cdot t$ en la fórmula de arriba por el rendimiento de corriente que indica qué tanto por ciento de la cantidad de metal que por la Ley de Faraday es realmente depositada o disuelta anódicamente. El valor alcanzado prácticamente es, pues,

$G = c \cdot I \cdot t \cdot n$ Se obtiene el rendimiento de corriente determinando la cantidad de electricidad con un coulombímetro o un contador de amperes-horas preciso calculado, partir de este dato el valor teórico que corresponde y, finalmente averiguando el aumento de peso del cátodo por pesada e acta. Este peso dividido por el teóricamente calculado da el **rendimiento de corriente.**

g. Rendimiento del Baño.

Se entiende por el rendimiento del baño la relación de la corriente anódica. Hay que tener presente que el metal que solamente se disuelve mas o la pérdida a peso por formación de barro.

h. Poder de penetración.

Es un término utilizado para designar el grado de uniformidad de la distribución del metal que puede ser obtenido sobre un cátodo de forma regular. Dado que este poder es el resultado combinado de muchos factores del proceso electroquímico, no se ha logrado aún el desarrollo de un procedimiento cuantitativo para la medida de este poder. El "poder de penetración" depende de la forma y posición de la posición relativa con respecto al ánodo electrolítico. La composición de la solución que contiene el electrolito. A su vez la composición química del electrolito. La densidad de corriente, el rendimiento de corriente anódica, pH, conductividad del electrolito y la agitación, son otros factores que influyen.

El método generalmente más utilizado para expresar el "poder de penetración" es el desarrollado por Harring y Blum. La célula conocida comúnmente como "Célula Harring" consiste en una caja rectangular, llevando electrodos planos y paralelos dispuestos de manera que puedan proporcionar una corriente uniforme a cada uno de los cátodos.

En los dos catodos están situados en los dos extremos de la célula y conectados con un alambre conductor de cobre, entre los catodos está colocado un ánodo de rejilla fina lateral, a una distancia de ambos cátodos tal que la relación de distribución primaria de corriente entre ambos sea un número entero (1, 2, 3, 4, 5, etc.) por ser así (figura 11). Para la realización de un ensayo se procede así: se llena la célula con la solución electrolítica a ensayar hasta un volumen especificado y se establece una cantidad de corriente medida suficiente para que la densidad de corriente sea de la orden de 100 mg/cm². El peso de metal depositado sobre el cátodo cercano al ánodo se mide a los 10 minutos; después de esto y

El poder de penetración se calcula aplicando la siguiente fórmula:

$$\frac{100 - (K - M)}{K} = \% \text{ Poder penetración}$$

Donde

K = Relación de la Distribución primaria de la corriente (b en nuestro caso)
(relación de la distancia al ánodo de los catodos próximo y alejado).

M = Relación de Distribución metálica

La "relación de distribución metálica" M se obtiene del siguiente modo: suponemos que el peso del metal depositado sobre el cátodo cercano al ánodo es cuatro veces mayor al del metal depositado en el cátodo

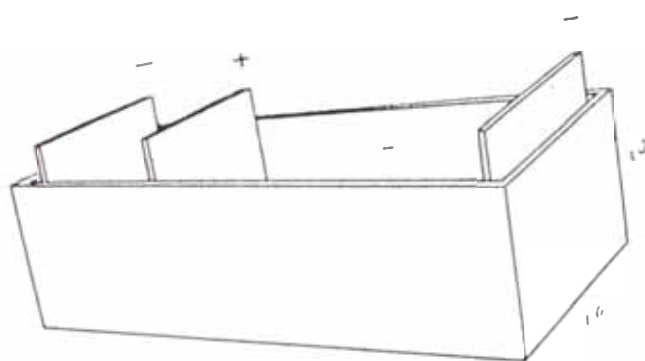


Figura 11
Célula de Haring.

lejano al ánodo, la relación de distribución "metálica" P será igual a 5. El poder de penetración será:

$$\frac{100 (5 - 4)}{5} = + 20\%$$

Si el número es 6, por ejemplo el % de "penetración" sería negativo:

$$\frac{100 (5 - 6)}{5} = - 20\%$$

Hay que resaltar que el valor numérico obtenido por el "índice de penetración", no tiene significado a menos que se tomen todos los factores del ensayo, incluyendo el tipo de la muestra y de los electrodos utilizados, la distancia que separa al ánodo del ánodo central, la composición de la solución electrolítica que se emplea, la temperatura y la densidad de corriente aplicada.

6.2.4 Resistencia. Conductividad.

Los conductores ofrecen al paso de la corriente eléctrica una resistencia que se mide en Ohm (representado por Ω) que se expresa por la resistencia que ofrece al paso de la corriente una columna de mercurio a temperatura del hielo fundente, de longitud 106.3 cm. sección constante e igual a un milímetro cuadrado masa igual 14,4521 g.

Se puede medir la resistencia de un conductor metálico, dividiendo la diferencia de potencial entre sus extremos por la intensidad que por él circula. Para poder aplicar este método a nuestros baños deberían existir diferencias de potencial entre los electrodos y el electrolito.

El valor recíproco de la resistencia, esto es $1/R$, se denomina conductividad y se mide en Ohm recíprocos.

La resistencia es directamente proporcional a la longitud e inversamente a la sección. Si ρ es la resistencia específica de la materia, L la longitud y S la sección, se tiene:

$$R = \frac{\rho \cdot L}{S}$$

En la medida de resistencias se emplea el puente de Wheastone.

6.2.5 Tensión En Los Baños Electrolíticos.

Tensión o fuerza electromotriz (f.e.m). Todo cuerpo en equilibrio eléctrico posee una cierta carga que caracteriza su potencial. Cuando conectamos dos cuerpos mediante un cable conductor, siendo diferentes los potenciales de los mismos, se establece una corriente que va del cuerpo del potencial más elevado, denominado polo positivo, hacia el potencial más bajo, denominado polo negativo. La diferencia de potencial que existe en los dos polos se denomina fuerza electromotriz. Entre la

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

$$E = I$$

Para el control de la tensión en los baños galvánicos es suficiente, en general, el voltímetro. Sin embargo, la tensión medida en él se descompone en tres partes, saber: La diferencia de Potencial del ánodo con respecto al electrólito, la tensión necesaria para vencer la resistencia Ohmica del baño y la diferencia de potencial catódica o de la pieza frente al electrólito.

6.2.6 Potencia Y Energía Consumida

La potencia implicada en el flujo de la electricidad, es igual al producto de la fuerza electromotriz y de la corriente, es decir, - el número de voltios multiplicado por el número de amperes - la unidad es el Watt, que es la potencia que se obtiene cuando una corriente de un ampere pasa través de un circuito mediante la aplicación de un voltio. La unidad comercial es el Kilowatt 1000 watts.

$$P = V \times I$$

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.

6.2.7 Tensión Superficial De Los Baños.

Las partículas de líquido se mantienen unidos por su atracción mutua (cohesión del líquido). Pero las superficies metálicas sumergidas ejercen sobre ellas una atracción, la adherencia. Si la cohesión es mayor que esta adherencia, el líquido no moja el metal y el líquido rebentado sobre la superficie resbala en forma de gotas. Se mejora la humectabilidad con ciertas sustancias orgánicas denominadas agentes humectantes. Se posan sobre la superficie metálica y son causa de una buena humectación. También envuelven la superficie de burbujas de hidrógeno, productos coloidales de la hidrólisis de la solución del baño, partículas de suciedad, etc. El líquido moja cuando la adherencia es mayor que la cohesión.

Esas fuerzas de atracción, que se traducen en una tensión en esa superficie, se conoce con el nombre de "tensión superficial". Estos aditivos denominados "agentes humectantes" han sido aprovechados, en primer lugar en las soluciones de desengrase como hemos indicado anteriormente, en segundo lugar, en ciertos baños electrolíticos, como los de niquelado brillante, para evitar o disminuir la formación de pequeños agujeros o poros en la superficie del recubrimiento en formación. Estos poros denominado "picado", se producen por el burbujeo del gas aire hidrógeno sobre las piezas en

tratamiento , adhiriéndose al recubrimiento. La presencia del humectante, que disminuye la tensión superficial del líquido, produce una menor capacidad de adherencia del gas a la superficie de las piezas, evitando o disminuyendo ese fenómeno del picado.

Estas sustancias se agregan en pequeñas cantidades, su determinación por procedimientos analíticos es extremadamente difícil. Lo que suele hacerse para controlar su cuantía en los baños es determinar la "tensión superficial" de los mismos y, de su valor, deducir si la cantidad de humectante presente está por encima o por debajo de un cierto prefijado.

El procedimiento más utilizado para determinar la tensión superficial de un líquido es el de la caída de la gota (o peso de la gota) utilizando un estalagmómetro. El equipo consiste en una pipeta del tipo capilar, de la cual se dejó caer la solución-electrolito hasta que un volumen determinado de la misma ha pasado entre los dos enrase de la pipeta.

Se anota el número de gotas que han caído mientras la solución pasaba entre esos dos enrase, que corresponde un volumen determinado prefijado por el fabricante y este número de gotas que corresponde a la solución en ensayo se compara con número de gotas caídas de un solución standard (agua), a la temperatura 20 °C, del mismo volumen tomado en la misma pipeta. Conociendo la densidad del agua 20 °C (0,998) su tensión

superficial (72,75 dinas/cm a 20 °C): el número de gotas caídas correspondientes a un volumen especificado marcado en la pipeta relacionándolo con la densidad de la solución electrolito determinada con un densímetro, y el número de gotas caídas correspondientes al mismo volumen prefijado, podremos deducir la tensión superficial de la solución-electrolito. Esta será:

$$\text{Tensión superficial (dinas/cm)(Tx)} = \frac{(\text{No. de gotas de agua}) \quad Ts \quad x \quad Dx}{(\text{No. de gotas de soluc-elect.}) \quad Ds}$$

Siendo:

Tx = Tensión superficial de la solución-electrolito ensayada.

Ts = Tensión superficial del agua (72,75 dinas/cm 20 °C)

Dx = Densidad de la solución-electrolito

Ds = Densidad del Agua (0,998 a 20 °C)

6.3 MEDICIONES ELECTROQUIMICAS EN LOS BAROS GALVANICOS, SUS EFECTOS.

6.3.1 Ley De Faraday.

En electrólisis la corriente eléctrica pasa a través de una solución llamada electrolito, entre dos conductores llamados ánodo y cátodo. Los cambios tiene lugar principalmente en los electrodos. En la lectrólisis de soluciones galvánicas acuosas, el metal se disuelve a partir de los ánodos o bien el oxígeno se libera sobre ellos y el metal o el hidrógeno se

depositan sobre los cátodos. El principio general de la electrólisis es la conocida Ley de Faraday, la que puede expresarse mediante los siguientes enunciados:

1. La cantidad de cualquier radical o grupo de elementos liberados ya sea en el cátodo en el ánodo durante la electrólisis, es proporcional a la cantidad de electricidad que atraviesa la solución.
2. Las cantidades de elementos radicales diferentes liberados por la misma cantidad de electricidad, son proporcionales a sus pesos equivalentes.

6.3.2 Potenciales De Los Electrodo.

La resistencia de un baño determina la corriente que fluye cuando se aplica un cierto potencial. Sin embargo, en todas las hidrólisis llevadas a cabo con una densidad apreciable de corriente, los potenciales de los ánodos y de los cátodos cambian, como resultado de la polarización y por ende afectan el paso de la corriente, parte de la Ley de Ohm.

Potencial sencillo o potencial de solución: viene a ser la diferencia de potencial que se establece cuando un metal se sumerge en una solución que contiene sales iónicas de ese metal.

Ahora bien, en diferentes metales como el cobre o el cinc cuando se sumergen en sus respectivas soluciones salinas y cuando se miden sus potenciales con respecto al potencial de un electrodo de hidrógeno standard, se ha encontrado que el cinc

que lo rodea, en tanto que el cobre es más positivo que la solución de sulfato de cobre. Al estudiar el comportamiento de estos metales, se encuentra que el cinc llega a ser más negativo en virtud de que una pequeña porción de él se disuelve produciendo iones Zn^{2+} cargados positivamente. Por otra parte, el cobre se hace más positivo debido a que una pequeña porción de iones Cu^{2+} cargados positivamente precedente de la solución se depositan sobre el cobre.

Cuando los potenciales normales de los metales se reúnen en orden como la siguiente tabla, se obtiene lo que es conocido como series electroquímicas o electromotrices de los metales.

Cinc	-0,76
Cromo	-0,56
Hierro	-0,44
Cadmio	-0,40
Indio	-0,34
Cobalto	-0,28
Níquel	-0,24
Estaño	-0,14
Plomo	-0,12
Hidrógeno	0
Antimonio	+0,10
Arsénico	+0,32
Bismuto	+0,20
Cobre	+0,34
Rodio	+0,68

concentrada en sales de cobre, en el cátodo, se deposita el cobre y la solución adyacente tiende a hacerse menos concentrada en iones cobre y sulfatos. A esta polarización causada por cambios de concentraciones, se conoce como polarización por concentración.

Una forma especial de polarización por concentración tiene lugar cuando se forma productos insolubles sobre el ánodo.

Un método ingenioso es el desarrollado por Haring, para medir la polarización. Consiste en un caja o tina según se aprecia en la Figura 11 dividida en 3 compartimientos mediante electrodos de gasa intermedios. Se encontró que en general, existe una polarización despreciable sobre esos electrodos. Por lo tanto, si durante el paso de la corriente la caída total en cada uno de los tres compartimientos se mide mediante un potenciómetro, la polarización en el ánodo en el cátodo pueden calcularse como sigue:

La caída total del potencial en la sección A consiste en la caída IR más la polarización anódica. En el compartimiento es igual la Caída IR sin polarización. El potencial en implica la misma caída IR más la polarización catódica. Así que:

$$\text{Potencial A - M} = \text{polarización anódica}$$

$$\text{Potencial - } = \text{polarización catódica}$$

6.4 EFECTOS DE LA COMPOSICION DEL BAÑO Y DE SUS PROPIEDADES.

6.4.1 Composición Del Baño (concentración del Metal)

Parecería aconsejable tener las concentraciones más altas posibles de cada sal dada. Entre las ventajas que tenemos para el uso de soluciones de concentración alta encontramos: primero: una conductividad mayor; segundo: una más alta densidad de corriente permitida, y tercero: una eficacia catódica más elevada. Las desventajas por otra parte son: primero: un costo más alto, tanto inicial para la preparación de los baños y para el retirado de las piezas, en virtud de que se tienen soluciones más voluminosas, más corrosivas y más viscosas, segundo, la tendencia de cristalización sobre las paredes del tanque y los electrodos debido a la evaporación o a descenso de la temperatura, y tercero un probable descenso en la eficiencia anódica. En la práctica, se utiliza, concentraciones intermedias. pero la tendencia actual es la de emplear soluciones lo más concentradas posibles. Un incremento en la concentración de metal, bajo condiciones dadas, disminuye la polarización catódica incrementa el tamaño de los cristales.

6.4.2 Concentración Del Ión Hidrógeno o pH.

El pH de una solución es igual al valor numérico del exponente en el denominador de la fracción que expresa la concentración de iones hidrógeno. En lenguaje matemático el pH es logaritmo negativo de la concentración de iones hidrógeno.

En el sistema de pH, que es el que utilizaremos en este libro, un incremento en él representa un descenso de la acidez y viceversa. Realmente la escala representa tanto acidez como alcalinidad, es costumbre el que la línea de demarcación que indica la neutralidad tenga un pH de 7,0. Por consiguiente, soluciones con pH inferiores a 7,0 se dice que son ácidas, en tanto que pH superiores a 7,0 se dice que son alcalinos.

Entre los métodos para determinar el pH tenemos:

- a. El electrodo de Hidrógeno
- b. El electrodo de Quinhidrona
- c. Electrodo de Vidrio
- d. Método colorimétricos

El más usado en galvanicas es el método colorimétrico, sobre todo los papeles pH que son los de más fácil manejo.

Puesto que los iones hidrógenos están cargados positivamente, en la electrólisis emigrarán hacia el cátodo en donde se descargarán formando gas hidrógeno. La eficiencia catódica depende principalmente de que las proporciones de la corriente se utilicen respectivamente depositando metal e hidrógeno. Una eficiencia catódica del 100%, para depósito metálico, significa que no se descarga hidrógeno, en tanto que una eficiencia cero querrá decir que solamente se descargará hidrógeno. Debido que esta eficiencia está en parte determinada por la concentración

de iones hidrógeno, es importante conocer y controlar esas concentraciones.

6.4.3 Viscosidad De La Solución.

Una solución de casi cualquier sal, muestra una alta viscosidad, o sea, que fluye menos fácilmente que el agua pura, la viscosidad de la mayor parte de las soluciones aumenta proporcionalmente a la concentración.

El efecto más evidente que se deduce de una viscosidad elevada, es la de que aumenta la expulsión de la solución en virtud de que para un periodo de escurrimiento dado, la solución no fluye completamente.

Esto puede representar una pérdida económica considerable.

6.5 CONTROL DE UTILLAJE UTILIZADO EN LA ELECTRODEPOSICION DE METALES

Es necesario proceder de manera periódica, al control de todo el utillaje empleado y desde luego a la verificación de la instalación electrónica afectando al proceso galvánico. Este control sería deseable que se realizara una vez por semana, dedicando unas horas a ordenar y limpiar el taller o sección galvánica y dedicando otro tiempo a la verificación de la instalación eléctrica y elementos de trabajo.

Los controles a realizar son los siguientes:

- 1ro. Verificación de todo el circuito del taller o sección
- 2do. Verificación de todos los contactos eléctricos

3ro. Verificación del utillaje eléctrico

4to. Verificación de los instrumentos de control y regulación

5to. Verificación del utillaje auxiliar.

6.5.1 Verificación De Todo El Circuito Eléctrico del Taller.

Se emplea primero con la red de entrada al taller, luego se sigue con la línea eléctrica del propio local, revisando su estado de conservación en las diferentes dependencias como en las salas de los baños, sala de operaciones preparatorias (desoxidado y desengrasado), sala de pulido, sala de control de recepción, sala de control final, sala de tratamiento de aguas residuales, almacén, etc. Se tomará énfasis en la verificación de los circuitos afectantes de cada baño electrolítico y de los circuitos eléctricos de baja tensión.

Este tipo de control se efectuará dos o tres veces por semana.

6.5.2 Verificación De Los Contactos Electricos.

Con un voltímetro móvil se examinará cada circuito particular de cada baño. Se anotarán las diferentes tensiones entre los polos del rectificador, partiendo de las dos barras de salida de corriente del rectificador, pasando por su unión, los contactos de las barras de distribución y de allí a las barras del baño, finalizando la verificación en los ganchos de los que cuelgan los ánodos y en los ganchos de los que se suspenden los bastidores con las piezas a tratar. La pérdida de

tensión, no debe ser superior a 1 voltio, en el caso de que lo fuese, se deberá buscar la causa de esa fuga de corriente para remediarla (como puede ser: ganchos desgastados, bastidores sucios, falsos contactos, etc).

6.5.3 Verificación Del Utillaje Eléctrico

Este utillaje está formado por: rectificadores de corriente, cuadro de regulación de la intensidad de corriente y de la tensión (reóstato), amperímetros y voltímetros. En general, se recomienda para verificación de estos instrumentos a los "testers" que permiten conocer de manera cuantitativa la pérdida exacta de tensión, tensión de salida, potencia, intensidad de corriente, etc.

Es recomendable, que se realice la verificación una o dos veces por semana, además del momento preciso en que se detecte una anomalía.

6.5.4 Verificación De Los Instrumentos De Control y regulación.

Son aquellos parámetros que regulan la electrólisis, tales como: la "catósfera" que nos permite saber en un momento determinado la densidad de corriente catódica; los "relojes" para el control del tiempo de la electrólisis; el pH del baño; los "reguladores termostáticos" que permiten fijar la temperatura de trabajo de los baños y mantenerlo dentro de un intervalo fijado y por último, los "contadores de amperios-hora" que nos permite conocer la cantidad de corriente que ha pasado durante un tiempo determinado por cada baño.

La "catódfera" se verifica sumergiendo en un baño standard sometido una tensión e intensidad de corriente tal que, para 1 dm² de superficie catódica de una densidad de corriente fija y precisa cuyo valor se compara con el que se obtiene en este ensayo con la catódfera.

Los "relojes" se pueden verificar con otros que den una medida exacta del tiempo.

Los "reguladores termostáticos" se verifican fijando intervalos de temperatura observando su cumplimiento en el correspondiente baño con mediciones termométricas.

El "pH-metro" se verifica sumergiendo su sonda en soluciones standard de pH conocido, observando si el valor de pH obtenido por el aparato coincide con el de dichas soluciones standard.

Los "contadores de amperios-hora" se verifican comparando el valor obtenido con ellos en un baño determinado con el valor teórico calculado para ese baño determinado en condiciones de electrólisis perfectamente pre-fijados conociendo de manera exacta el rendimiento de corriente de ese baño.

6.5.5 Verificación Del Utillaje Auxiliar.

Lo constituyen los siguientes elementos: "calentadores eléctricos", "bombas centrífugas para la filtración" de los baños; "aparatos de aspiración" de vapores (cromo) y polvo

(pulidoras) "dispositivos de agitación"; centrifugas de **secado** por aire caliente: "pulidoras". Puede incluirse además como utillaje auxiliar: **los ánodos**.

Su verificación se lleva a cabo por observación de su compartimiento durante **el trabajo** de los mismos. Cualquier anomalía que **se** observe debe ser comunicado al jefe del taller, con el **objeto** de que este comunique el desajuste a la firma suministradora, que procederá **en** consecuencia. No **es** aconsejable salvo en anomalías simples, **el** intentar resolver la avaría en el propio taller **menos** de que se disponga de un buen servicio de **mantenimiento** propio, con personal familiarizado con el mecanismo de estos aparatos.

Los ánodos deben ser de **la** máxima pureza, preferiblemente del tipo denominado "electrólito".

Los ánodos utilizados para la deposición de cobre, tanto en baños alcalino-cianurados como **en** baños de tipo ácido al sulfato contienen un 99,9% de **este metal** y **deben** estar exentos de inclusiones **de** óxidos. En todos estos **ánodos** la cantidad permisible de **impurezas** metálicas: plata, azufre, plomo, estaño, níquel, **no debe** superar **en** su totalidad la cifra del 0,006%.

Los ánodos utilizados para la deposición **del cromo** son del tipo **insoluble** e inatacable por el electrólito, **generalmente** de plomo con un 6% de **antimonio**, o también es aconsejable ánodos insolubles **de** plomo con 6-10% de **estaño**.

Los ánodos utilizados para la deposición del níquel deben contener según la Norma Británica B.S.I. No.558(1934) no menos del 98,5% de níquel, siendo el contenido de impurezas máximo permisible de: 0,75% de hierro, y 0,25% de cobre.

CAPITULO VII

INSPECCION Y CONTROLES FISICOS EN LOS DEPOSITOS ELECTROLITICOS EN CROMO BRILLANTE (COMO PRODUCTO ACABADO)

7.1 GENERALIDADES.

Las quejas como producto acabado que presentan los consumidores de estos artículos es bastante regular. Quejas como el poco tiempo de durabilidad frente al fenómeno de la corrosión, debido al poco espesor de recubrimiento metálico que se les proporciona. Quejas como la poca resistencia a la deformación por acción de fuerzas externas que está en función con la dureza. Quejas de desprendimientos de las películas de recubrimiento, es decir, su mala adherencia. Quejas de inadecuado brillo y superficies rugosas, etc.

Todo ello, originado porque al producto final no se le somete a ningún tipo de control que garantice un producto de buena calidad.

A continuación presentamos un resumen de ensayos y normas que deben ser realizados continuamente durante la producción y así evitar ese descontento y desconfianza por parte de los consumidores de estos productos, ya que últimamente por estos defectos los consumidores prefieren comprar productos pintados o plásticos.

El examen de la utilidad de los depósitos metálicos tiene tanta importancia como el análisis químico del electrolito. Comprende principalmente las investigaciones siguientes:

1. Ensayos para el control de espesor
2. Ensayos de la resistencia mecánica
3. Ensayos de la ductibilidad.
4. Ensayos de la dureza.
5. Ensayos para el control de la adherencia.
6. Ensayos de la resistencia al desgaste y abrasión
7. Ensayos del brillo.
8. Ensayos de la rugosidad.

7.2 ENSAYOS PARA EL CONTROL DEL ESPESOR.

El espesor de un depósito galvánico, es cualidad importantísima, ya que de este espesor depende en gran manera su capacidad de resistencia a los ataques de la corrosión. Esta resistencia está directamente relacionada con el espesor de la capa depositada, siendo mayor cuanto mayor sea ésta, con la porosidad del depósito, la cual suele ser mayor cuanto más delgado sea el depósito. Es, pues, el conocimiento de este espesor la garantía de dicha protección contra la corrosión, en muchas ocasiones la única empleada para controlar la calidad del recubrimiento metálico.

Según la normativa francesa NF-A-91-101 (1964) los procedimientos para la determinación del espesor de depósitos galvánicos, se pueden agrupar en dos tipos generales:

1. Métodos de Referencia.

Tenemos al "Método de la Disolución Química" y el "Método de Corriente Micrográfico".

2. Métodos Rápidos.

Tenemos a los métodos de disolución : "Método de disolución Química por Goteo", "Método de la Disolución Química por Chorro" "Método de la Disolución Química a la Gota"; Método de la disolución electrolítica anódica; métodos de medida magnética; los métodos de medida eléctrica y los métodos de medidas métricas entre las más importantes.

7.2.1 Método De La Disolución Química.

Se basa en la disolución química del recubrimiento metálico depositado sobre una superficie S, mediante un reativo adecuado (que no afecte al metal base), y en la determinación de la masa m del metal. El espesor e viene dado por la fórmula:

$$e = \frac{m}{\rho \times S}$$

Siendo:

m = Masa del metal

ρ = Densidad de Metal disuelto (g/cm^3)

S = Superficie (cm^2)

El valor de ρ para los metales cobre, níquel y cromo es el siguiente: 8,9; 8,9 y 7,1 respectivamente.

Cuando se desea obtener el espesor local, se recortará una superficie de dos cm² exactamente medida (1 cm x 2 cm) y se disuelve el correspondiente recubrimiento (respetando el metal base) en los siguientes reactivos:

- Para el níquel sobre la base de hierro, acero o aluminio: ácido nítrico concentrado ($\rho = 1,49$).

- Para el níquel-cobre sobre hierro, acero aluminio: el mismo reactivo determinando luego en él, sucesivamente cobre y níquel.

- Para el níquel sobre base cobre o latón: ataque electrolítico en solución de ácido clorhídrico al 5% (vol) utilizando cátodo de platino.

Para el níquel sobre cinc: ataque electrolítico en solución de ácido sulfúrico (densidad: 1,70) utilizando cátodo de platino.

- Para cromo sobre níquel o aleaciones de cobre: ácido clorhídrico 1:1.

El final de los ataques de los reactivos citados viene indicado por la aparición sobre la superficie atacada, del color característico del metal-base y por el cese de la efervescencia. Se recoge la solución conteniendo el metal de recubrimiento, y en ella se determina su contenido.

- Para la determinación analítica del cobre, se utiliza el "método electrolítico a temperatura de 22 C con una densidad de corriente de 0,5 A/dm². El cobre presente en la superficie de 2cm² se determina por el aumento del peso del cátodo de

platino el espesor se calcula por la fórmula siguiente, en micras;

$$e \text{ (micras)} = \frac{\text{Aumento de Peso (mg)}}{1,78}$$

- Para la determinación analítica del níquel se utiliza el "método gravimétrico" precipitando con reactivo dimetilolioxima en medio amoniacal, filtrando el presipitado, lavándolo y pesándolo. El espesor referido de 2cm² se calcula por la fórmula:

$$e \text{ (micras)} = \frac{\text{peso del precipitado (mg)}}{\text{peso de precipitado (mg)}} \times 0,114 \text{ (para espesor} < 25 \mu \text{)}$$

$$e \text{ (micras)} = \frac{\text{peso de precipitado (mg)}}{\text{peso de precipitado (mg)}} \times 0,228 \text{ (para espesor} = 25-50 \mu \text{)}$$

$$e \text{ (micras)} = \frac{\text{peso de precipitado (mg)}}{\text{peso de precipitado (mg)}} \times 0,456 \text{ (para espesor} > 50 \mu \text{)}$$

- Para la determinación analítica del cromo se utiliza el "método espectrofotométrico", utilizando como reactivo la difenilcarhacida, la cual en medio ácido y en presencia de iones cromo, desarrolla una coloración violeta, la intensidad de la cual se mide con un espectrofotómetro, 540 mm. El espesor referido la superficie de cm² se calcula por la fórmula.

$$e \text{ (micras)} = \frac{\text{Cantidad de Cromo (fotométrica)(microgramos)}}{71}$$

7.2.2 Método Del Corte Micrográfico Norma: ASTM A-219-58,
NF-A-91-101 - Mayo 1964).

Se requiere del empleo de un microscopio metalográfico asociado a un micrómetro óptico, apreciándose espesores de hasta 2 micras.

El procedimiento es como sigue: En primer lugar se separa de la pieza una probeta, la cual uno de los lados rectilíneos debe tener 1-2 cm de longitud, siendo en este lado donde se realizará el examen, el corte que se hará es perpendicular a la superficie estudiar. Con el objeto de evitar el desprendimiento del recubrimiento, es revestida mediante vaciado de materia plástica una aleación de bajo punto de fusión, la probeta se pule con papel-esmeril húmedo de tamaño grano No. 500 y después con una muela de trapo impregnada con una suspensión de alúmina en agua.

Con el objeto de conseguir el máximo contraste a la probeta se trata con un reactivo apropiado según cual sea el metal metales de recubrimiento y el metal-base:

- Para recubrimientos de níquel-cromo sobre acero se utiliz reactivo de ataque del acero siguiente:

Acido nítrico ($\rho = 1,42$)..... 5 partes (en vol.)
Acido Etilico (95%)..... 95 partes (en vol.)

- Para recubrimientos de níquel sobre cobre o aleaciones de cobre y para recubrimientos de cobre sobre acero, cinc o aleaciones de cinc, se utiliza el siguiente reactivo de ataque del cobre:

Amoniaco ($\rho = 0,90$)1 parte (en volumen)
Agua Oxigenada (3%)(11 vol).....1 parte (en volumen)

Finalmente, se mide el espesor en el punto deseado con un microscopio metalográfico. Se realizan 10 medidas espaciadas regularmente sobre el lado de la probeta (corte), admitiéndose como valor del espesor la media aritmética de esa diez lecturas (Figura 12).

Este método da medidas precisas cuando el espesor de recubrimiento es superior a 2 micras. Es aconsejable para recubrimientos con espesores comprendidos entre 10 y 40 micras.

7.2.3 Método De Disolución Química A La Gota (Normas ASTM 219-58, NF-A-91-101 año 1964 DIN 50.953 año 1968).

Se utiliza preferentemente para recubrimientos de cromo. Para determinar el espesor local, se deposita con ayuda de un cuentagotas, sobre la superficie a ensayar, una gota del reactivo apropiado, la cual se deja extender libremente, si bien es aconsejable limitar la superficie de ataque mediante un anillo de parafina o cera de 10 mm de diámetro trazado antes de depositar la gota.

Cuando la gota se deja extender libremente, se deja actuar al reactivo durante un tiempo determinado, que suele ser 1 minuto, al cual se le limpia la superficie se deposita otra gota de reactivo, continuando si es preciso, con sucesivas adiciones hasta que aparece el metal subyacente. Conociendo el número de gotas gastadas y la velocidad de disolución (en función de la temperatura) se calcula el espesor.

Cuando la superficie de ataque se delimita mediante un anillo de cera o parafina, las gotas (con un volumen total de 0,05 ml de reactivo) se deposita en el interior de dicho círculo, produciéndose un desprendimiento gaseoso, midiéndose con un cronómetro el tiempo transcurrido desde que comienza ese gaseo hasta que termina (por alcanzar el reactivo al metal subyacente).

Este ensayo suele dar buenos resultados para recubrimiento de cromo sobre níquel, utilizándose como reactivo una solución formulada por 60 ml. de ácido clorhídrico ($\rho = 1,18-1,19$) y 40 ml. de agua destilada. Para una temperatura de 20 °C, el espesor de cromo disuelto por segundo es de 0,006 micras. Cuando se trabaja a temperaturas diferentes, comprendidas entre 10-30 °C debe aplicarse una corrección para ese valor de 0,0003 micras por grado centigrado en más o menos que se aparte de 20 °C.

Esta experiencia da resultados aceptables para recubrimientos de cromo cuando el espesor de los mismos no sobrepase el valor de 0,6-0,65 micras.

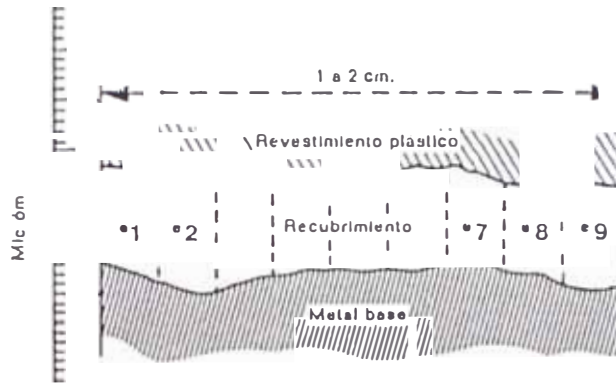


Figura 12
Corte Micrográfico

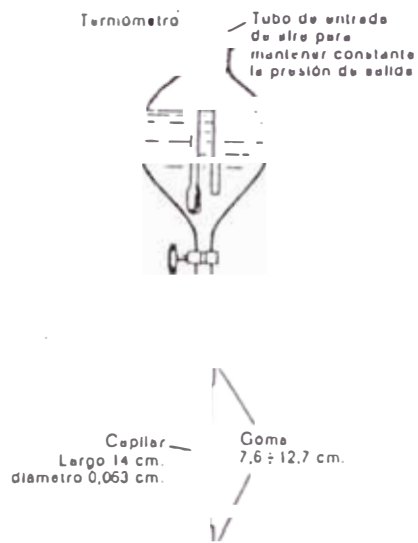


Figura 13
Aparato para el ensayo de goteo
(A.S.T.M.A. 219-54, apéndice II).

7.2.4 Método De Disolución Química Por Goteo (Norma ASTM A-219-54).

Este método se suele utilizar para recubrimientos de cadmio, cinc, cobre, estaño y plomo. El aparato utilizado (Figura 13) está proyectado para dejar caer sobre la superficie de la muestra una colución de reactivo a la velocidad de 100 ± 5 gotas por minuto.

En el ensayo, la muestra, se mantiene a una distancia de 7,3 a 10 cm del aparato y formando un ángulo de 45° con una horizontal, cayendo siempre la gota (con un volumen de 0,05 ml) en el mismo lugar de la muestra. El espesor de recubrimiento se calcula a partir del tiempo que tarda el reactivo en penetrar y llegar hasta el metal subyacente, utilizando un factor empírico de temperatura-tiempo (20-30 °C), la muestra a ensayar debe estar perfectamente limpia, se recomienda frotarla cuidadosamente con un trozo de tela impregnada con una suspensión de óxido magnésico en agua.

En nuestro caso para determinar el espesor para recubrimiento de cobre, se utiliza el siguiente reactivo:

- Cloruro férrico ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$).....450 g/l
- Trióxido de antimonio (Sb_2O_3)..... 20 g/l
- Acido Clorhídrico ($\rho = 1,18-1,19$).....200 ml/l
- Acido acético (glacial).....250 ml/l

Utilizando este reactivo, la velocidad de penetración del mismo para recubrimientos de cobre es de 0,125 micras/seg.

7.2.5 Método De Disolución Química Por Chorro (Norma DIN 50.951).

Este procedimiento es una variante del ensayo a la gota, empleando una corriente continua de reactivo, la cual se hace incidir sobre la superficie recubierta cuyo espesor se requiere determinar. Por medida del tiempo empleado en producirse la perforación del recubrimiento dejando visible el metal-base, se reduce el espesor de aquel. Este método suele dar buenos resultados (con un error \pm 12-15%).

El aparato utilizado y el procedimiento empleado para cada tipo de recubrimiento deben calibrarse previamente, obteniendo curvas que relacionan, para cada clase de recubrimiento, una temperatura dada, el tiempo (en segundo) con el espesor (en mm) o bien la temperatura con un factor de corrección, el cual multiplicado por el tiempo de perforación da directamente el espesor del recubrimiento.

La muestra a ensayar, perfectamente desengrasada, se coloca con ayuda de unas pinzas, debajo del capilar del aparato (Figura 14) a una distancia especificada del mismo: 2,5 cm. con una inclinación de 45° con respecto a la horizontal.- Manteniendo esta muestra en esta posición, invariable a lo largo del ensayo, se deja caer, a una velocidad constante (100 gotas/minuto) sobre un punto de la misma, un chorro continuo de solución reactivo en el

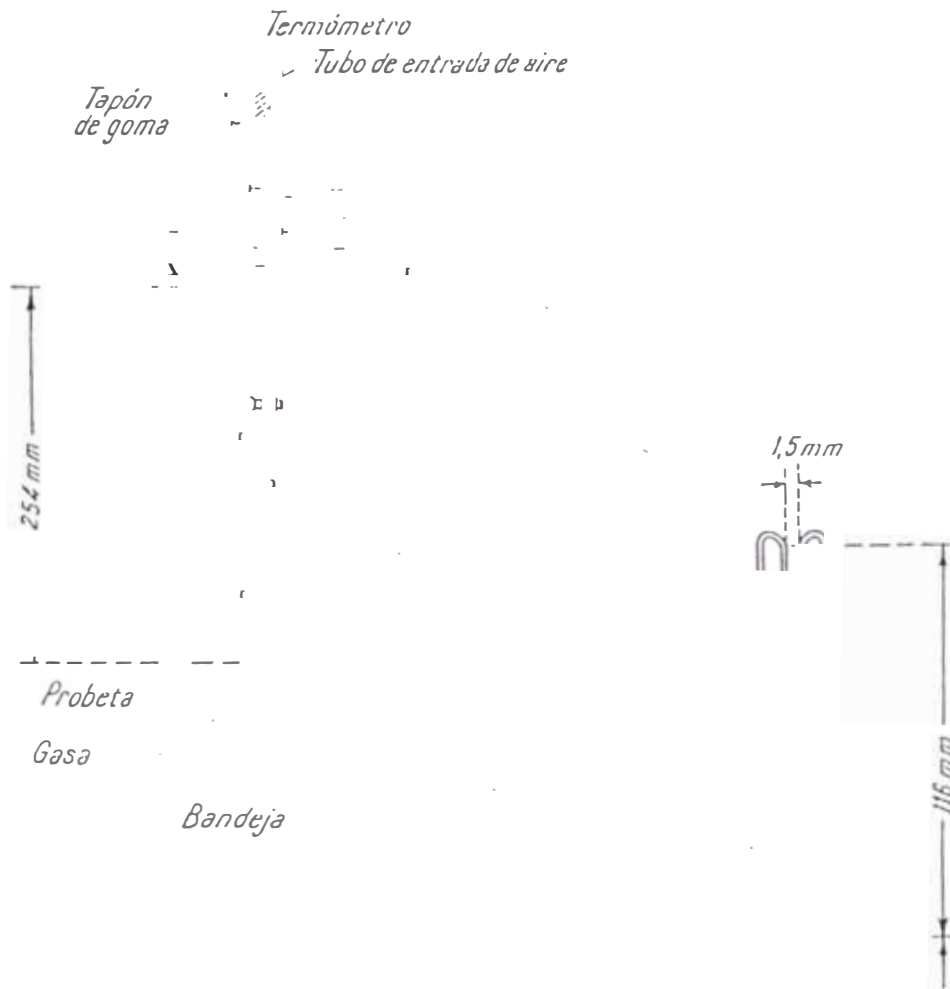


Figura 14
 Dispositivo para el ensayo del chorro
 (o de Clarke)
 (Norma B.S.S. 1224-1954)

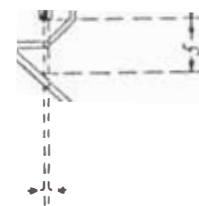


Figura 14-a
 Detalle del tubo capilar y
 colocación de la muestra para el
 ensayo del chorro (B.S.S. 1224-
 1954)

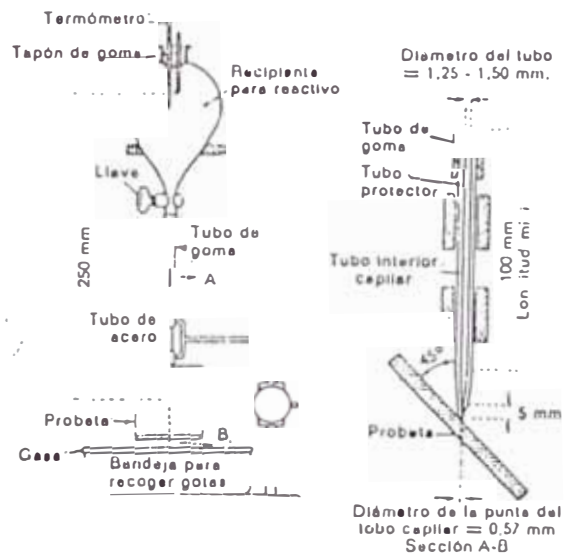


Figura 14 -b
 Dispositivo para el ensayo del chorro o de Clarke.
 (Norma DIN 50951 mayo 1957)

depósito de vidrio del aparato, midiendo el tiempo requerido para que perfora el recubrimiento y aparezca el metal base.

Multiplicando este tiempo (seg.) por el factor de corrección adecuado la temperatura empleada y al metal de recubrimiento ensayado, se obtiene el espesor del recubrimiento.

Se utiliza para medir espesores de recubrimiento de cadmio, cinc, plata, estaño, cobre, níquel, cobalto, bronce plomo.

La probeta debe estar exenta de grasa (limpiar con acetona), después se sumerge durante unos segundos en una solución de HCl 1:1, con el objeto de eliminar posibles óxidos, finalmente se enjuaga con agua se seca.

Reactivos de perforación:

Los reactivos utilizados a una temperatura de 20-30 °C y usando una velocidad de goteo de 100 gotas/minuto son los siguientes:

- Para depósitos de cobre, níquel y de níquel-cobre-níquel:

Cloruro Férrico ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$).....300 g/l

Sulfato Cúprico (CuSO_4).....100 g/l

Para la determinación del espesor para recubrimientos de níquel directo, níquel cobre o níquel-cobre-níquel sobre metal-base acero, se lleva cabo el siguiente procedimiento:

Para depósitos de níquel directo sobre acero, la perforación de la capa de níquel por el reactivo viene indicada por la aparición de una mancha de cobre (punto final) sobre la superficie del acero. Si se trata de depósitos de níquel-cobre sobre acero, la perforación de la capa de níquel viene indicada por una mancha de color cobrizo (primer punto final), para poder ver claramente la perforación de la capa subsiguiente de cobre se coloca, periódicamente con una pipeta una gota de solución al 1% de trióxido de antimonio en ácido clorhídrico 1:1, prosiguiéndose el ensayo con el reactivo perforante anterior hasta aparición de una mancha negra (segundo punto final), indicativo de haber alcanzado el metal-base acero. Si se trata de depósitos de níquel-cobre-níquel sobre acero, la perforación de la capa de níquel viene señalada por la aparición de una mancha de color cobrizo (primer punto final), luego siguiendo el ensayo la capa de cobre se perfora y aparece la capa de níquel (segundo punto final), se sigue con el ensayo transformándose finalmente en color cobrizo al perforar la capa de níquel y alcanzar el metal base acero (tercer punto final).

El cálculo del espesor de los depósitos de cobre y níquel se realiza multiplicando los tiempos respectivos de perforación por los factores de corrección (dadas en micras/seg en función de la temperatura) deducidas de la gráfica de calibrado correspondiente (Figura 15).

Hay que señalar, sin embargo, que las curvas de calibrado indicadas para cada recubrimiento no son de aplicación

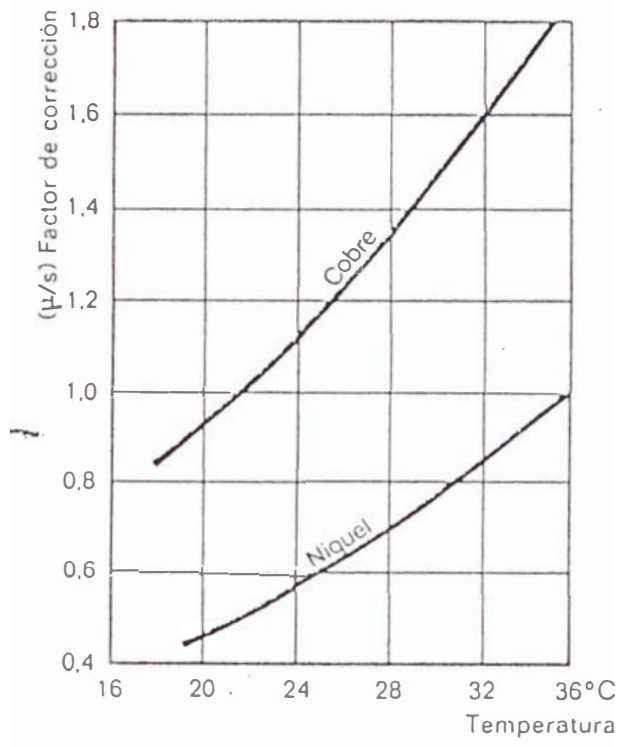


Figura 15

Factor de corrección en función de la temperatura para recubrimientos de cobre y níquel.

universal, variando para cada metal según sea el tipo de recubrimiento logrado (mate-semibrillante-brillante) e incluso según haya sido el tipo de abrillantador usado para obtenerlo).

7.2.6 Método De La Disolución Electrolítica Anódica.

Una probeta cuya área es exactamente medida es convertida en anódica en un electrólito apropiado, disolviéndose el recubrimiento con una velocidad función de densidad de corriente aplicada. La operación se da por terminada cuando todo el recubrimiento ha sido disuelto empieza la disolución del metal-base, lo cual es indicado por un cambio brusco de la tensión.

Del tiempo y corriente empleados para esta disolución, se deduce el espesor del depósito.

Actualmente existen instrumentos electrónicos de control que interrumpen automáticamente la corriente cuando se llega a la disolución total del recubrimiento.

La probeta que actuará como ánodo se pone en contacto con el circuito mediante una pinza metálica. Previamente es preciso limpiarla desengrasada bien, con acetona. La solución electrólito apropiada para cada tipo de recubrimiento está contenida en un pequeño depósito troncocónico (célula), de caucho o PVC, adherido por su fondo circular de 2-3 mm. a la superficie de la muestra, y contactado eléctricamente mediante

una plaquita de platino a un aro metálico, actuando de cátodo, el cual, al propio tiempo, sujeta a dicha célula.

La base del método de disolución anódica o método coulombimétrico reside en el hecho, señalado por la ley de Faraday. El peso del metal disuelto puede, pues, obtenerse, conociendo el rendimiento de la corriente η (teóricamente 100%), mediante la fórmula:

$$P = C \times i \times t \times \eta$$

Siendo:

P - Peso (g)

i - Intensidad de corriente (amperios)

C = Equivalente electroquímico (g/Ah)

t - Tiempo (horas)

η - Rendimiento de corriente.

partir de la densidad del metal $\rho = P/V$ (g/cm³) y sabiendo que $V = S \times E$, donde V = Volumen, S - Superficie y E = Espesor (cm), obtenemos el espesor en micras:

$$E (\mu) = \frac{P}{\rho \times S} \times 10^4$$

Las condiciones de trabajo suelen ser: temperatura 20 °C, intensidad de corriente 50-60 mA y agitación de la solución. Las soluciones electrolíticas recomendadas para este ensayo son las siguientes:

RECUBRIMIENTO	METAL SUBYACENTE	SOLUCION-ELECTROLITO
Cromo	Acero	- Solución conteniendo 100 g/l de IK (con trazas de I ₂)
	Cobre o latón	- Solución conteniendo 118 ml. de H ₃ PO ₄ (ρ = 1,755) v 10 g de CrO ₃ en 1 l. de agua. - Solución conteniendo 150 g/l de NaOH. - Solución conteniendo 100 g/l de Na ₂ CO ₃
Cobre	Níquel o Aluminio	- Solución conteniendo 100 g/l de Na ₂ SO ₄ - Solución conteniendo 64 ml/l de H ₃ PO ₄ (ρ = 1,75)
	Acero	- Solución conteniendo 80 g de tartrato sodio potásico v 100 g de NH ₄ NO ₃ en 1 litro de agua - Solución conteniendo 800 g de NH ₄ NO ₃ 10 ml de NH ₄ OH conc. en 1 l. de agua.
Cobre	Níquel	- Solución conteniendo 80 g. de tartrato sodio potásico v 100 g. de NH ₄ NO ₃ en 1 l. de agua. - Solución conteniendo 100 g de K ₂ SO ₄ y 20 ml. H ₃ PO ₄ (ρ = 1,75) en 1 litro de agua
	Aluminio	- Solución conteniendo 80 g de tartrato sodio potásico y 100 g. de NH ₄ OH en 1 l. de agua
	Cinc	- Solución de ácido fluosilícico conteniendo 30% como mínimo de ese ácido.

- | | | |
|--------|---------------|---|
| | | - Solución conteniendo 30 g. de NH_4OH y 30 g de NaSCN en 1 l. de agua |
| | Acero | - Solución recién preparada (estabilidad máxima 5 días) conteniendo 800 g. de NH_4NO_3 y 3,8 g. de tiorrea en 1 l. de agua. |
| Níquel | | - Solución conteniendo 30 g. de NH_4NO_3 y 30 g. de NaSCN en 1 l. de agua. |
| | Cobre o latón | - Solución conteniendo 100 ml/l de HCl ($\rho = 1,18$) |

El espesor mínimo para utilizar este método suele ser de 0,2-0,3 micras, excepto en el caso del cromo, que permite medir espesores de hasta 0,05 micras. Con este procedimiento se puede determinar espesores de: cromo, cobre, níquel, cinc, cadmio, estaño, plomo, plata y oro entre unos valores de 0,05-100 micras. Para lecturas comprendidas entre 0,1-50 micras el error cometido suele ser de $\pm 5\%$.

7.2.7 Métodos Magnéticos.

Son populares porque son rápidos seguros y no requieren aparatos complicados, dan los mejores resultados dentro del intervalo de espesores de 3 a 24 micras. En general, la exactitud está entre el 10%. Sólo son aplicables a recubrimientos metálicos no magnéticos depositados sobre base magnéticos (hierro, níquel o cobalto) o bien recubrimientos magnéticos (hierro, níquel o cobalto) depositados sobre base no magnética. Los primeros se basan para su medida en la inducción magnética y los segundos en la fuerza de atracción magnética.

El método de medida del espesor de un depósito no magnético sobre base magnética, está fundado en la atracción magnética que experimenta el depósito cuando la pieza a medir se coloca sobre un imán fijo siendo dicha atracción proporcional a la masa del recubrimiento, y por lo tanto, el espesor del mismo. Determinando mediante un dinamómetro o con cualquier otro instrumento idóneo la fuerza necesaria para contrarrestar la atracción del imán y comparándolas con otras fuerzas patrón, previamente establecidas con depósitos de espesor conocidos, se sabe el espesor del depósito que recubre la pieza en examen. Dentro de este grupo tenemos:

Lápiz B.S.A. Tinsley.

Aplicado a la determinación de espesores de recubrimientos no magnéticos (cinc, cadmio, cobre, etc) sobre base magnética (hierro) consistente en un imán ligero especial, unido a un muelle e introducido de un tubo en forma de lápiz provisto de una escala. La medida se realiza colocando la parte final del lápiz conteniendo el imán perpendicularmente a la superficie ensayar, perfectamente limpia, y separando ligeramente el cuerpo del lápiz que lleva el muelle de dicha superficie. La extensión del muelle, marcada en la escala, proporcional a la fuerza ejercida para la separación, nos da el espesor del depósito (Figura 16).

"Mikrotest 6".

Que está constituido por un imán permanente de aluminio-níquel en forma de varilla, montado en el extremo de un brazo móvil de una caja.

Este brazo móvil está acoplado por medio de un muelle, a una escala graduada en unidades correspondientes a espesores de capas calibradas, la cual se puede hacer girar con el dedo. Colocando la punta del imán sobre la superficie a ensayar, ésta es atraída por la base magnética, quedando fuertemente adherida. Girando convenientemente la escala graduada, esta tensa el muelle, desprendiendo la punta del imán de la superficie a medir y arrastrándolo al interior de la caja, señalándonos la lectura de la escala al espesor del depósito en mm. (Figura 17).

"Lectromag"

Que hace uso de la atracción magnética de modo distinto a los aparatos citados, llevando un tubo de vidrio con una escala grabada y requiriendo el concurso de la corriente alterna de 110 V y 60 Hz.

"Magne-Gage"

Que consiste en un bástago, uno de cuyos extremos lleva un pequeño imán permanente provisto además de un muelle de torsión de cobre-berilio.

La medición mediante este aparato se realiza apoyando el imán sobre la pieza cuyo espesor de recubrimiento interesa determinar, quedando fuertemente fijado.

Girando convenientemente el muelle de torsión se llega a un punto en que el imán se separa de la muestra, dando la lectura en ese momento el espesor buscado. (en la Figura 18 ofrecemos su esquema).

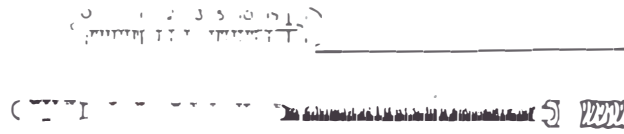


Figura 16

Medidor Tinsley de lapicero. Se muestra la forma exterior, la aguja magnética y el montaje del muelle.

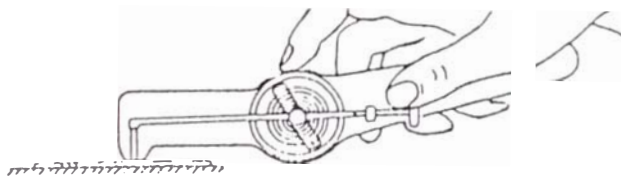


Figura 17

Esquema de funcionamiento del medidor de espesores Mikrotest G.

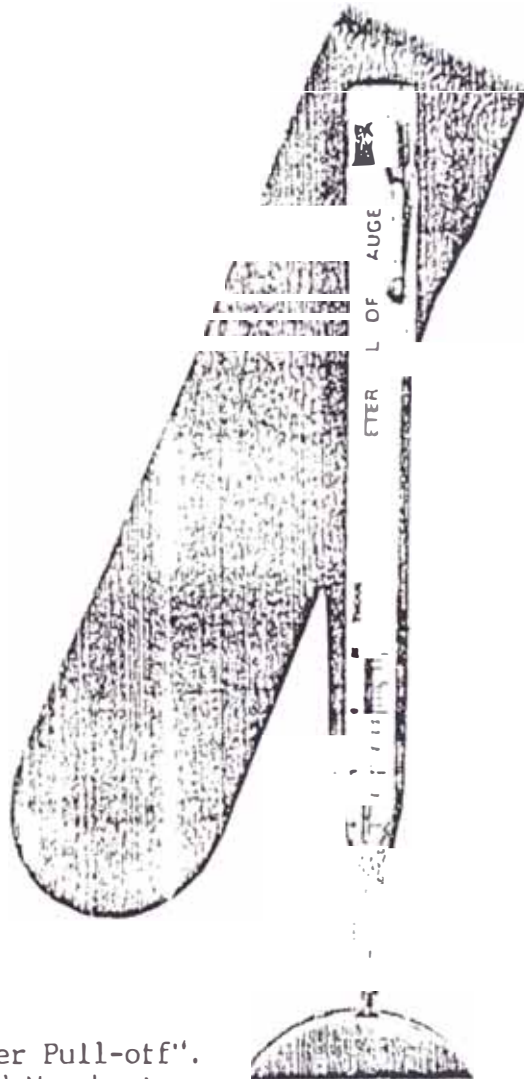


Figura 19

Lápiz medidor de espesor "Elcometer Pull-off".
(Elcometer Instruments Ltd-Manchester,
Inglaterra.)

oscilador, midiendo las corrientes inducidas mediante un dispositivo adecuado, consistente en un espiral sonda (medidor propiamente dicho) y un circuito detector que registra la variación de la corriente.

Las corrientes de Foucault o corrientes parásitas de alta frecuencia, inducidas sobre la superficie metálica, penetran hasta una cierta profundidad, la cual es inversamente proporcional a la raíz cuadrada de la conductividad eléctrica del metal.

Operando sobre un recubrimiento metálico donde el metal-base y el metal de recubrimiento tengan conductividades eléctricas diferentes, se puede obtener corriente de Foucault (corrientes parásitas) de valores distintos, que permiten la medida de espesor de ese metal de recubrimiento metálico donde el metal-base y el metal de recubrimiento tenga conductividades eléctricas diferentes (Figura 20).

Uno de los aparatos, fundado en el citado principio es el Dermatron, el cual permite realizar determinaciones de espesor de películas con una precisión de + 5%, variando el campo de medida de 0-2540 micras (Figura 21). Luego tenemos el "El cotector" que funciona indistintamente con transistores, batería o conectado a la red eléctrica, entre otros.

7.2.9 Métodos Basados En Medidas Métricas.

Estos métodos son:

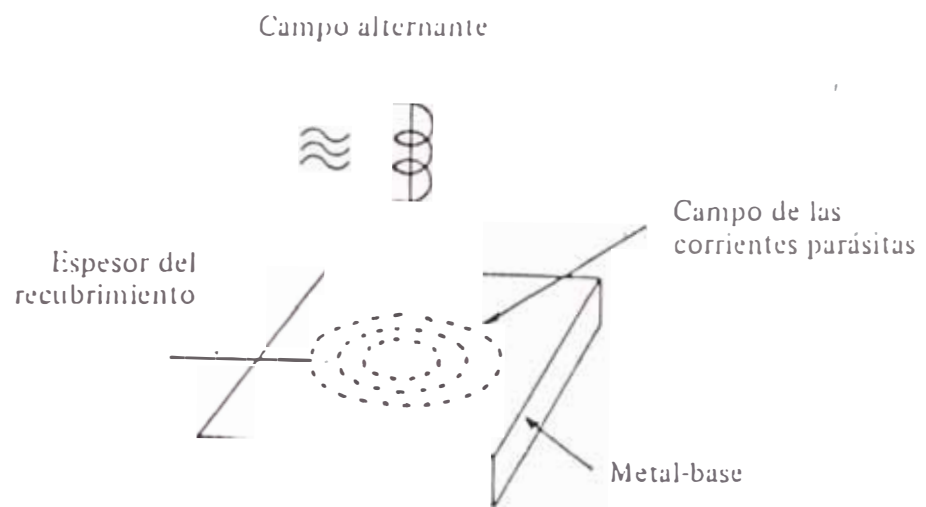


Figura 20
Principio del método basado en las corrientes parásitas
(de Foucault)

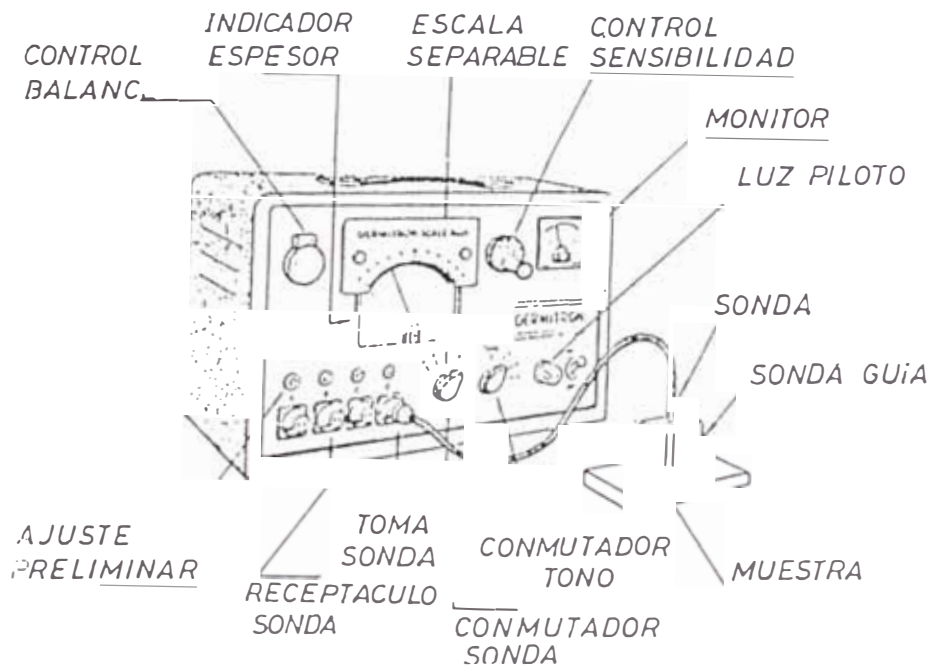


Figura 21

Medidor de espesores "Dermatron" clásico, esquematizado mostrando todos sus mandos. (Unit Process Assemblies Inc. New York, USA).

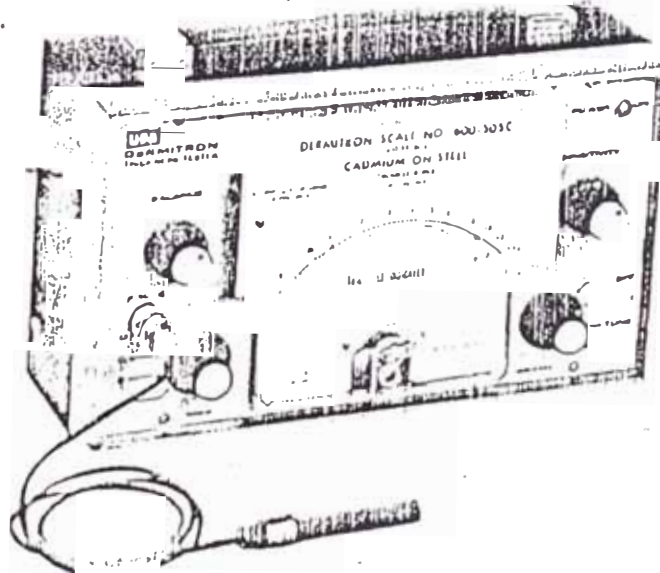


Figura 21-a

Ultima versión del medidor de espesores "Dermatrón" mod. D-8, de lectura analógica. (Unit Process Assemblies Inc. USA).

Método del micrómetro.

Es de fácil realización, se utilizan distintos tipos de tornillos micrométricos, desde los sencillos hasta los de lectura óptica.

La determinación del espesor se realiza mediante dicho instrumento antes y después de efectuar el recubrimiento. Este procedimiento será tanto más preciso cuanto mayor sea el espesor del recubrimiento depositado, no pudiendo ser aplicado, por lo tanto, a recubrimientos de poco espesor, como los de cromo decorativo. Este método no siempre se puede utilizar ya que se requiere una superficie plana para el empleo del aparato.

Método de la Cuerda de Mesle.

Este método se basa en esmerilar o debastar la superficie plana de la muestra con una muela o disco perfectamente circular en rotación, hasta que se alcanza el metal-base (Figura 22). Determinando el radio R o el diámetro del disco y la distancia c entre los límites de la superficie desgastada, se puede calcular el espesor E por la fórmula siguiente:

$$E = \frac{c^2}{8R}$$

7.1.10 Especificaciones Para Espesores De Recubrimientos Electrolíticos

El espesor correcto que debe poseer un recubrimiento para que cumpla los fines a él encomendados depende de una serie

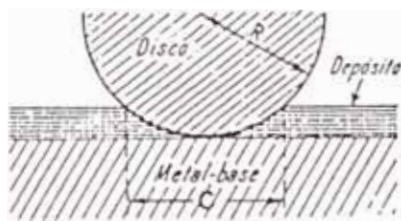


Figura 22

Ensayo de Mesle para superficies planas.

de factores como clase y tipo de recubrimiento, tipo de metal-base sobre el que se deposita, fin para el que se destina el artículo y el recubrimiento y medio ambiente que debe soportar, etc., cuya consideración y estudio ha llevado la indicación y recomendación del más idóneo en cada caso.

Este trabajo, publicado en diferentes países en forma de normas, abarcando a cualquier tipo de recubrimiento metálico sobre cualquier metal-base industrial y sometido a diferentes ambientes, será el que daremos a continuación, con el objeto de que se pueda elegir el recubrimiento más conveniente y el espesor de capa mas correcto en el medio ambiente donde deba ser utilizado.

Especificaciones de recubrimientos de cobre:

Estos recubrimientos no suelen ser utilizados como acabados finales debido que se opacan con el ambiente, aunque como recubrimientos intermedios con níquel y cromo se han usado para la protección del hierro o acero. El espesor de los recubrimientos de cobre sobre hierro acero recomendados habitualmente para resistir la acción de la intemperie suele ser de hasta 500 micras de 12,5 micras cuando se usan en interiores. Cuando sobre la capa de cobre se deposita otra de níquel-cromo el espesor recomendado es menor: 10 micras.

Especificaciones de recubrimientos de Níquel:

Se usan preferentemente para la protección del medio ambiente, a la vez que para conferir al artículo un aspecto

La Norma Francesa NF-A-91-101 (1961), exige para las diferentes categorías tipos en que se clasifican los recubrimientos de níquel sobre acero, los siguientes espesores:

TIPO SIMBLO	ESPEORES MINIMOS (En micras)		
	NIQUEL	COBRRE	TOTAL
Ni 50/Fe	50 μ	--	50 μ
Ni Cu 50/Fe	25 μ	25 μ	50 μ
Ni 40/Fe	40 μ	--	40 μ
Ni Cu 40/Fe	20 μ	20 μ	40 μ
Ni 30/Fe	30 μ	--	30 μ
Ni Cu 30/Fe	15 μ	15 μ	30 μ
Ni 20/Fe	20 μ	--	20 μ
Ni Cu 20/Fe	10 μ	10	20 μ
Ni 10/Fe	10 μ	--	10 μ
Ni Cu 10/Fe	5	5	10 μ

La misma norma francesa NF-A-91-101 (1964), exige para los recubrimientos de níquel sobre cobre o aleaciones de cobre, los siguientes espesores:

TIPO Y SIMBOLO	ESPEOR MINIMO (micras) DE NIQUEL
Ni 20/Cu	20 μ
Ni 10/Cu	10 μ
Ni 5/Cu	5 μ

La norma francesa NF-A-91-103 (1969), exige para los recubrimientos de níquel sobre cinc o aleaciones de cinc, los siguientes espesores:

TIPO Y SIMBOLO	ESPESORES MINIMOS (en micras)		
	NIQUEL	COBRE	TOTAL
NiCu 50/Zn	40 μ	8 μ	50 μ
NiCu 40/Zn	30 μ	8 μ	40 μ
NiCu 30/Zn	20	8 μ	30 μ
NiCu 20/Zn	10 μ	8 μ	20 μ
NiCu 15/Zn	5 μ	8 μ	15 μ

La norma alemana DIN 50.962, referida a los recubrimientos de níquel de cromo níquel sobre acero, señala los siguientes espesores:

TIPO Y DESIGNACION	ESPESORES MINIMOS (en micras)		
	CROMO	NIQUEL+CROMO	NIQUEL (sobre cobre)
Ni 12/Fe	0	12 μ	6 μ
Ni 6/Fe	0	6 μ	3 μ
Ni 3/Fe	0	3 μ	2 μ
CrNi 48/Fe	0,3 μ	48 μ	12 μ
CrNi 36/Fe	0,3 μ	36	12 μ
CrNi 24/Fe	0,3 μ	24	12 μ
CrNi 12/Fe	0,3	12	6 μ
CrNi 6/Fe	0,3 μ	6 μ	3 μ
CrNi 3/Fe	0,3 μ	3 μ	2 μ

La Norma Alemana DIN 50.964, referida a recubrimientos de níquel-cobre y de cromo-níquel-cobre depositados sobre cinc y sus aleaciones, señala los siguientes espesores:

TIPO Y DESIGNACION	ESPESORES MINIMOS (en micras)			
	CROMO	CROMO+NIQUEL	NIQUEL	COBRE
NiCu 12/Zn		12 μ	μ	6 μ
NiCu 6/Zn	0	6 μ	μ	0 μ
CrNiCu 36/Zn	0,3 μ	36 μ	12 μ	12 μ
CrNiCu 24/Zn	0,3 μ	24 μ	12 μ	12 μ
CrNiCu 12/Zn	0,3 μ	12 μ	6 μ	0 μ
CrNiCu 6/Zn	0,3 μ	6 μ	0 μ	2 μ

Especificaciones de recubrimientos de cromo: Según la norma ASTM 166-61T (1962), el espesor de cromo depositado sobre níquel o sobre cobre-níquel, con fines decorativos a la par que protectores, no debe ser inferior a 0,25 micras.

La norma francesa NF-A-91-101 (1964) exige para los recubrimientos de cromo sobre níquel, los siguientes espesores, según los tipos:

TIPO Y SIMBOLO	ESPESOR MINIMO
Cr 1/Ni	1 μ
Cr 0,5/Ni	0,5 μ
Cr 0,25/Ni	0,25 μ

La norma alemana DIN recomienda los mismos espesores.

7.3 ENSAYOS PARA EL CONTROL DE LA RESISTENCIA Y DUCTIBILIDAD.

Bajo la denominación de resistencias de un metal se entiende, a la resistencia a la rotura, esto es, la carga necesaria por mm. cuadrado de sección para que la pieza se rompa. El alargamiento que se produce antes de la rotura dado en % de la longitud primitiva, se denomina ductibilidad.

El ensayo de estas propiedades en los depósitos galvánicos viene dificultado por el hecho de que los recubrimientos son muy delgados y están fuertemente unidos al metal-base. Si el depósito se puede separar de la base se puede ensayar, claro está, las propiedades de resistencia como en una tira delgada.

De entre los métodos propuestos por diferentes autores, cabe distinguir los cuatro tipos siguientes:

1. Ensayo de curvado hidráulico
2. Ensayo de torsión
3. Ensayo de Doblado
4. Ensayo de resistencia a la tracción

Los ensayos se pueden llevar a cabo directamente sobre la pieza con el recubrimiento o bien sobre una hoja de recubrimiento separado de su base metálica.

7.3.1 Ensayo Del Curvado Hidráulico.

Según los autores Prater y Read este procedimiento es el más indicado para depósitos eletrolíticos. En la siguiente

tabla se dan un conjunto de valores establecidos por la resistencia y ductilidad hallados por esos autores:

RECUBRIMIENTO	RESISTENCIA	DUCTIBILIDAD
METALICO	(Kg/mm ²)	
Cobre	11 - 12	2 - 40
Niquel	35 - 158	2 - 30
Cromo	11 - 56	0

Para realizar este ensayo se suele utilizar un aparato Erichsen en que el sumergidor semiesférico se ha sustituido por aceite bajo presión hidráulica. Con esta disposición se puede aplicar la presión de manera uniforme a todas las zonas de combado o curvado, lo que no es posible con un sumergidor metálico sólido y, al propio tiempo, se puede aplicar las adecuadas ecuaciones referidas capas delgadas. Este ensayo se realiza con películas de recubrimientos metálicos separadas del metal base.

7.3.2 Ensayo De Torsión.

Este ensayo no se ha aplicado con tanta extensión, siendo más apto para evaluar el efecto de fragilidad del hidrógeno sobre el metal-base. Este ensayo se realiza sobre alambre recubierto o sobre muestra adecuada.

La ductibilidad de un recubrimiento, del mismo modo que la fragilidad, se puede expresar en términos de resistencia a la

torsión, mediante la siguiente fórmula:

$$Y = \frac{100 Q}{Q_0}$$

Siendo:

Y = Resistencia a la Torsión (%)

Q = Número de vueltas necesarias para producir fractura en el recubrimiento objeto del ensayo.

Q₀ = Número de vueltas necesarias para producir fractura en una muestra-patrón de ductibilidad conocida.

7.3.3 Ensayo De Doblado

Consiste en someter la pieza a doblado hasta que el recubrimiento se rompa o agriete, siendo el ángulo de doblado función de la ductibilidad del recubrimiento.

Edwards describe un procedimiento sencillo, para la estimación de la ductibilidad de recubrimiento frágiles, el "ensayo de doblado en espiral".

Cintas de revestimientos separados de su soporte metálico se colocan en un soporte especial que tiene el perfil de una espiral logarítmica (ecuación de la espiral: $r = 0,4473 \cdot \text{expo}.0,5 \cdot \theta$, es el ángulo polar).

El radio de curvatura obtenido cuando se rompe el ensayo puede leerse directamente sobre la escala del soporte (Figura 23).

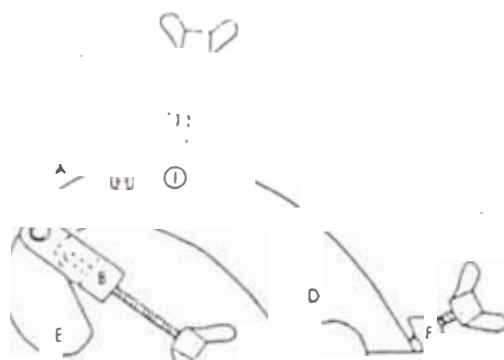


Figura 23

A arato de Edwards para el ensayo del "doblado en espiral".
 A superficie curvada, B) tenaza de sujección, C) bulón,
 D) ranura, E) extremidad inferior de la línea espiral,
 F) tornillo de sujección, G) tenaza de sujección, H) hoyo
 para los bulones de las tenazas de sujección, I) bulón.

El ensayo de torsión se verifica de la siguiente forma:

Una muestra en banda se pule sobre una cara y se recubre del depósito que se quiere experimentar. De esta banda se cortan 3 tiras de 28 cm. Se pulen los bordes y se igualan con un disco de pulir. Se mide el espesor con ayuda de un micrómetro. El extremo de la cinta se fija en la ranura y se la lleva en dirección de E con la superficie recubierta electrolíticamente por parte exterior. La cinta se fija en F por el otro extremo, después se pliega lentamente, con una de las extremidades sujetas por el tornillo B. El radio de curvatura a partir del cual aparecen las figuras en el depósito se determina de esta forma.

partir del radio de curvatura y del espesor de revestimiento puede calcularse la ductibilidad en tanto por ciento:

$$D = \frac{100 e}{2 \rho + e}$$

Donde:

D = Ductibilidad

ρ = Radio de curvatura

e = Espesor de la tira de recubrimiento

continuación se repite el ensayo con las otras dos tiras, obteniéndose un promedio de la medida de la ductibilidad.

Este método es apto para el control de recubrimientos de níquel brillante, ya que una disminución de la ductibilidad en los recubrimientos utilizados partir de ellos, nos indica la existencia en esos baños de un exceso de productos de degradación de naturaleza orgánica, procedente de los abrillantadores orgánicos utilizados.

7.3.4 Ensayo De La Resistencia A La Tracción.

Es el que da resultados más exactos para medir la ductibilidad de los recubrimientos metálicos. Todos los ensayos de este tipo utilizan una máquina de ensayos de tracción, generalmente el tensómetro de Hounnfield, al propio tiempo que una serie de patrones de metal-base latón o acero. La probeta a utilizar puede ser de cualquier forma, el punto final se alcanza cuando el recubrimiento se agrieta. Con el objeto de ayudarse en la observación del comienzo del cuarteamiento, se usan las lupas o microscopios binoculares.

La elongación se mide en este ensayo mediante un sistema de cargas, tomándose como ductilidad del recubrimiento en examen la elongación permanente de la pieza llevando ese recubrimiento, ensayada.

7.4 Ensayos Para El Control De La Dureza.

Se define como la capacidad de resistencia de un material la deformación permanente ocasionada por la acción de fuerzas externas. El desgaste mecánico debido al frotamiento o a la erosión atmosférica son fenómenos ligados a la dureza.

Este ensayo reviste importancia cuando se refiere a recubrimientos aplicados a útiles industriales ya que son sometidos muchas veces al roce y tracción, no siendo de importancia los recubrimientos de uso decorativo.

La dureza de los recubrimientos electrolíticos, está determinada enteramente por las condiciones de la electrodeposición: densidad de corriente, composición del electrólito, temperatura, naturaleza concentración de los aditivos, etc. Un aumento de la densidad de corriente se traduce en un aumento del valor de dureza de un recubrimiento, debido cambio en su estructura por oclusión de hidrógeno, aunque otros investigadores no, lo consideran así, sino como el causante de la fragilidad. Por el contrario, un aumento de la temperatura del electrólito, produce una disminución de la naturaleza, por ser en este caso menor la cantidad de hidrógeno ocluido en el electrodepósito. Así, la composición de la solución electrólito y su pH puedan ocasionar sencibles variaciones, en la dureza del recubrimiento, por ejemplo el cromo depositado a partir del electrólito conteniendo 400 g/l (baño decorativo) de CrO_3 representa un valor de dureza menor que el cromo depositado partir de un electrólito de 250 g/l de CrO_3 (baño de cromo duro) a su vez la dureza del cromo puede ser aumentada por diferentes cationes, por ejemplo: el hierro trivalente y el cromo trivalente. En los baños de níquel, los iones potasio dan la dureza; los iones cloro actúan en sentido contrario. Por último, la adición a la solución-electrólito, de sustancias que

pueden actuar como abrillantadores nivelantes depósito o reductores de tensión superficial, pueden ocasionar un aumento en la dureza del electrodepósito, como comprobaron Vagramian y Petrova (tabla)

ELECTROLITO	SUSTANCIA AÑADIDA Y CONCENTRACION	MICRODUREZA	
Níquel tipo Watts	Ninguna adición	300-337	
Níquel tipo watts	Naftalen-disulfonato sódico(5g/l)	611	Efectos de varias sustancias orgánicas sobre la dureza de recubrimientos de níquel y cobre.
Níquel tipo Watts	Tiourea (0,15g/l)	877	
Cobre de base	Ninguna adición	100	
Cobre de base	Naftalen-disulfonato sódico 10,5g/l	160	
Cobre de base	Tiourea Naftaler diculfonato sódico (0,005 y 0,5 g/l respectivamente)	130-260	
Cobre de base	Tiourea (0,015 g/l)	248	
Cobre de base	Azúcar (20 g/l)	160	
Cobre de base	Azúcar (20 g/l) y glicerina(20 ml/l)	160	

De este modo opina Mc Naughtan, la mayor dureza de los electrodepósitos obedecerá a la distorsión de la red cristalina como resultado de las inclusiones de diversos materiales en el depósito en formación.

La mayor parte de los procedimientos de medida de la dureza se basan en la profundidad de penetración de una punta. Con los aparatos de ensayo de dureza propiamente dichos, se estima la profundidad sea: de la huella de una bola de acero (Brimell), de

Una prueba de dureza por rayado, denominada *rayado*, se realiza con una pirámide asimétrica (Knoop), de un cono de diamante (Rockwell C), o de una punta de diamante (dureza por rayado). Se mide el diámetro de huella, la diagonal de la huella piramidal, la profundidad de penetración del cono de la bola, o la longitud de la raya, es decir, la carga por una longitud de raya determinada. (comparar la tabla 1). Estos son los ensayos denominados de *macro dureza*.

PROCEDIMIENTO DE MEDIDA DE DUREZA

DESIGNACION	SIGLAS DE ENSAYOS	CUERPO PENETRANTE	MEDIDA	PARAMETRO DE MEDIDA	FORMULA
Brinell	HB	Bola de acero	----	Diámetro de la huella	$\frac{P}{\frac{\pi D}{2} (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$
Vickers	HV	Pirámide Cuadrada	Angulo en el vertice 136°	Diagonal de la huella	$\frac{P}{1,8544 d^2}$
Knoop	HK	Pirámide asimétrica.	Superficie de base rómbica =172°30' =130°	Diagonal mayor	$\frac{1.4230 \times P}{d^2}$
Rockwell C	HRC	Cono de diamante	Angulo en el vértice 120°	Profundidad de la huella	
Rockwell B	HRR	Bola de acero	diámetro de 1/16"	Profundidad de la huella (instrumento de medida)	
Dureza por rayado (según Martens)	-	Punta de diamante (forma cónica)	Angulo en el vértice (90°, 120°, 150°)	Longitud de la raya	

TABLA 1

d = dimensión de la huella (mm)
 D = diámetro de la Huella (mm)
 l = Longitud de la diagonal (μ)
 P = presión ejercida

Para los recubrimientos electrolíticos, existe una dificultad fundamental en la medición de la dureza, que emana de su bajo espesor en la mayor parte de los casos, ya que la medida obtenida no nos reflejará la dureza de esos recubrimientos, sino la del metal-base, pues por su reducido espesor son fácilmente deformables. Por ello, en estos casos se debe recurrir a los ensayos de dureza al microscopio. Lo más aconsejable es la adopción del procedimiento al rayado, produciéndose una raya estrecha para los metales duros y una raya ancha para los metales blandos.

Otro tipo de ensayos utilizados para medir la dureza son los denominados ensayos de microdureza, donde se trabaja con cargas que oscilen entre 1 a 100 g. no debiendo sobrepasar la profundidad de la huella $\frac{1}{3}$ del espesor del recubrimiento metálico a ensayar. Los aparatos más comúnmente empleados tenemos: microdurómetro "Diamond" u otros o el "esclerómetro de Bierbaum". Están fundados estos aparatos en la producción de rayas sobre la superficie del recubrimiento metálico mediante una punta de diamante, midiendo la anchura de las mismas mediante un microscopio y refiriendo la lectura obtenida a una escala de dureza previamente establecida.

7.4.1 Ensayo De Dureza De Brinell.

Este procedimiento está fundado en el uso de una bola de acero duro, de diámetro comprendido entre 1 cm. a 1 mm., es sometido a una presión capaz de producir una huella sobre el

recubrimiento a ensayar. Por medida de la superficie de la huella, de la presión P ejercida del diámetro D de la bola empleada, se deduce el número de dureza Brinell (Figura 24).

$$HB = P \text{ (Kg)}/S \text{ (mm}^2\text{)}$$

La superficie del casquete de la huella S se calcula así:

$$S = \pi \times D \times f$$

Como:

$$f = 1/2 (D - \sqrt{D^2 - d^2})$$

Tendremos:

$$S = \pi D \times 1/2 (D - \sqrt{D^2 - d^2})$$

Sustituyendo en la fórmula anterior:

$$HB = \frac{P}{\frac{\pi D}{2} (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

Este ensayo se aplica sin dificultad recubrimientos metálicos de perfil grosero ya que son claras y de contornos limpios. Para recubrimientos delgados inferior a 6 mm. la bola de 10 mm de diámetro deforma el recubrimiento, para obviar dicho inconveniente, se deben utilizar cargas de peso inferior y bola de menor diámetro, con un valor para d igual a $d = 0,375 \times D$. La duración del ensayo oscila entre 30 segundos y dos minutos y medio.

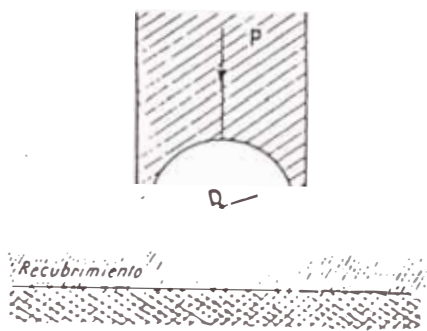


Figura 24
Método Brinell

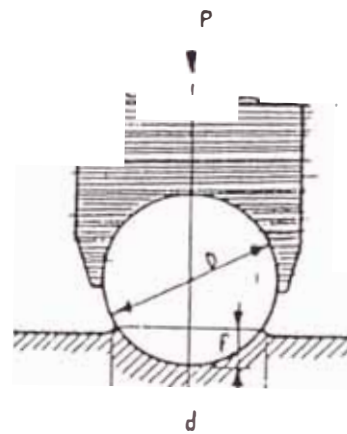


Figura 24-a
Bola usada en el ensayo
Brinell mostrando el
casquete de la huella
producida

En general no se utiliza este ensayo cuando la dureza del depósito es superior al valor de 500 HB, ya que podrían deformarse las bolas usadas en el ensayo.

El aparato consiste en una prensa, mediante la cual se aplica la carga correspondiente, luego por medio de un microscopio provisto de un retículo graduado, se mide el diámetro de la huella producida en el material por la bola usada en el ensayo. Mediante la fórmula precedente citada, se calcula el número de Brinell.

Un aparato especial para medir dureza de películas delgadas metálicas obtenidas por la vía electrolítica sobre un metal base es el "microdurómetro Wolpert-V-Testor 2" el cual realiza ensayos con cargas comprendidas entre 0,01 a 10 Kg (en fracciones de 0,01 Kg) (Figura 25).

En la tabla 2 se expresan valores de dureza de recubrimientos metálicos electrolíticos, calculados según el ensayo Brinell por Mc Naughtan y Hothersall.

RECUBRIMIENTO METALICO	INTERVALO DE DUREZA HB
Cobre	60 - 150
Níquel	150 - 500
Cromo	400 - 1000

TABLA 2

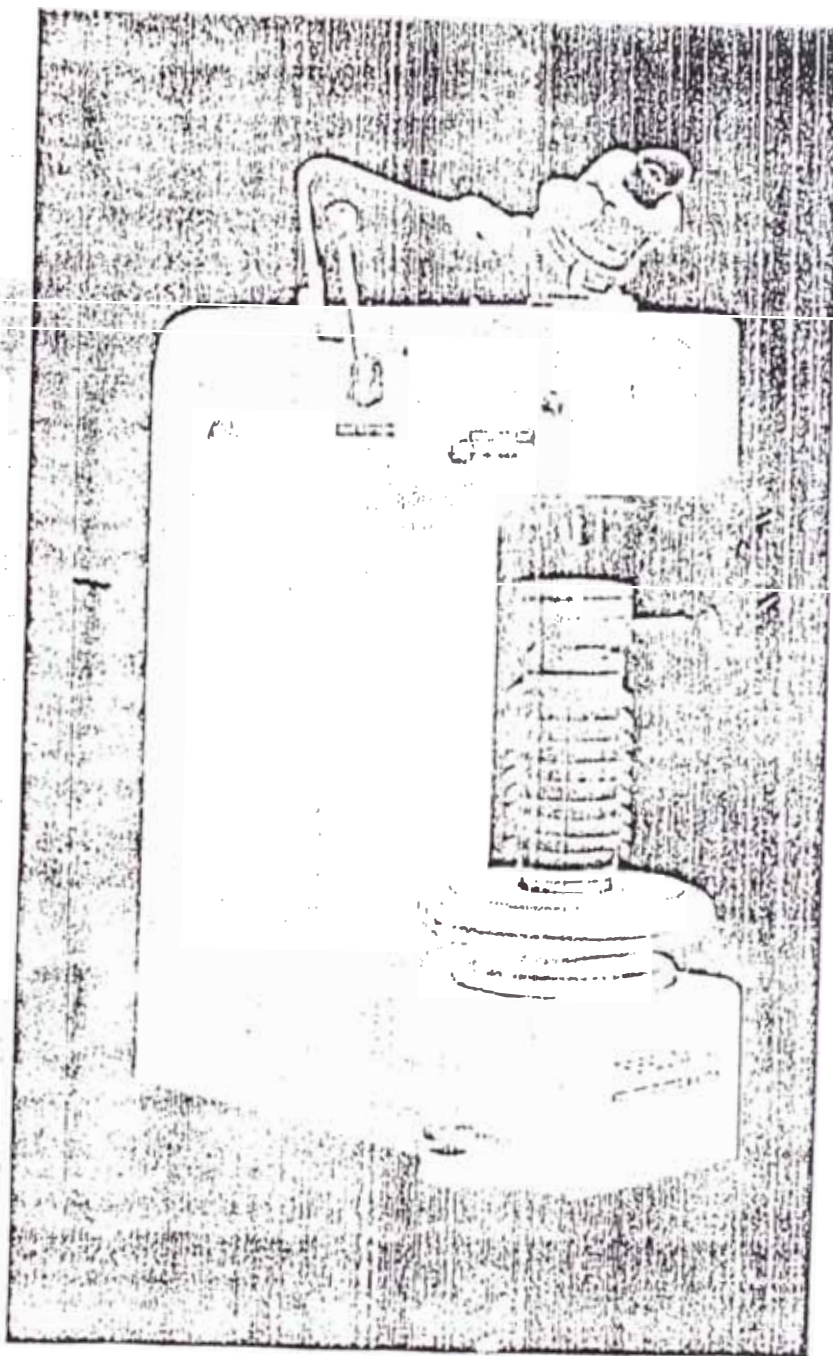


Figura 25

Microdurómetro "Wolpert-V Testor 2". (Otto Wolpert Werke GmbH, Ludwigshafen - Alemania W).

7.4.2 Ensayo De Dureza Vickers.

Este procedimiento, en vez de la bola de acero usado en el método Brinell, se utiliza como cuerpo penetrante para producir la huella, una punta piramidal de base cuadrada y ángulo en el vértice (entre caras) de 136 con el objeto de que la bola de Brinell quedara circunscrita al cono en el borde de la huella (cuyo diámetro sea igual a $0,375 \times D$) (Figura 26).

Determinamos la dureza Vickers en función de las dos diagonales medidas con un microscopio, graduado en micras. Si llamamos P a la carga aplicada en el ensayo y S a la superficie de la huella producida, la dureza Vickers vendrá dada por la fórmula:

$$HV = \frac{P}{S}$$

De la figura se deduce que la superficie S es 4 veces el área de la cara:

$$S = 4 \frac{b^2}{2} OC$$

De la misma figura: $OC = \frac{b}{\text{Sen } 68^\circ}$

Y asu vez: $OC = \frac{b}{2}$, tendremos que $OC = \frac{b}{2 \times \text{Sen } 68^\circ}$

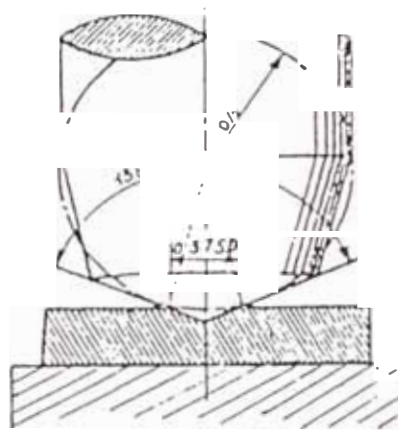


Figura 26

Punta piramidal de Vickers comparada con la bola de Brinell.

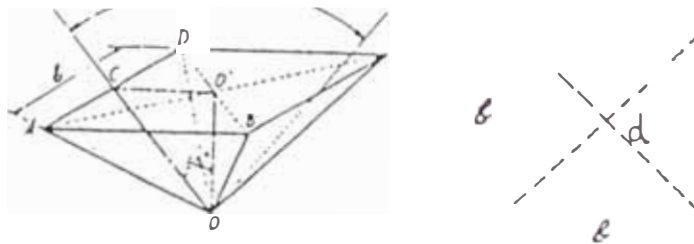


Figura 26 -a

Punta piramidal de Vickers con su huella.

Sustituyendo OC en la ecuación de S, obtenemos:

$$S = \frac{b^2}{\text{Sen } 68^\circ}$$

Por otra parte: $d^2 = b^2 + b^2 = 2b^2$, entonces $b = (1/2)d^2$

Sustituyendo b en la ecuación anterior S, tendremos:

$$S = \frac{d^2}{2 \times \text{Sen } 68^\circ} = \frac{d^2}{1,8544}$$

Por lo tanto:

$$HV = \frac{1,8544 \times P}{d^2}$$

Normalmente el número de Vickers se deduce de tablas gráficas en las cuales entrando con las medidas de la diagonal y de la carga aplicada se obtiene directamente el valor de la dureza.

Como precaución en este tipo de ensayo el espesor del recubrimiento a ensayar debe ser una vez y media superior al valor de la diagonal de la huella y a su vez se deben utilizar cargas débiles. El tiempo que se mantiene la carga suele ser 15 segundos.

La norma francesa NF-A-91-105 (1967) señala una serie de cargas en función del espesor del recubrimiento de níquel

obtenido por vía electrolítica, que se indican en la siguiente tabla:

RECUBRIMIENTO Y ESPESOR	SIMBOLO	CARGA MAXIMA (en deca-Newton)
Niquel (20 micras)	Ni 20	0,025
Niquel (30 micras)	Ni 30	0,050
Niquel (40 micras)	Ni 40	0,100
Niquel (50 micras)	Ni 50	0,200
Niquel (75 micras)	Ni 75	0,300
Niquel (100 micras)	Ni 100	0,500
Niquel (125 micras)	Ni 125	0,500

TABLA J

Cargas máximas a aplicar según el espesor del recubrimiento de níquel en el ensayo Vicker.
Norma Francesa NF-A-91-105 (1967)

En el mercado existe una gran variedad de aparatos para este tipo de ensayo, sobresaliendo el "microdurómetro V-testos 2" de la firma "Otto Wolpert Werke GmbH", de Ludwigshafen, Alemania, especialmente para medir la dureza de recubrimientos galvánicos delgado.

7.4.3 Ensayo De Dureza Knoop.

En este tipo de ensayo el cuerpo penetrante utilizado para producir la huella es de base rómbica, siendo las cargas que se aplican pequeñas que varían entre 0,25 g 3,600 g,

produciendo huellas rómbicas con las diagonales en la relación 7/1 (Figura 27), con una profundidad de 1/30 parte de la diagonal mayor. Este ensayo es preferido en los EE.UU., para la determinación de la dureza de los recubrimientos metálicos obtenidos por vía electrolítica. Read ha obtenido experimentalmente la dureza de los principales recubrimientos metálicos, lo exponemos en la siguiente tabla:

RECUBRIMIENTO METALICO	INTERVALO DE DUREZA KNOOP (carga: 100 g)
Cobre	35 - 190
Niquel	120 - 600
Cromo	400 - 1000

La dureza por el procedimiento Knoop lo obtenemos por medio de la fórmula:

$$HK = \frac{1,4230 \times P}{d}$$

Siendo:

P = La carga aplicada

d = Diagonal Mayor

Los aparatos que se utilizan para el ensayo Knoop tenemos entre otros el "Durimet" de la firma Ernest Leitz, el "Tuckson Tester" de la firma norteamericana Wilson Mechanical Instrument Co" y el "Diatestos 2n Wolpert" y "V-Testor 2-Wolpert", de la firma Wolpert Werke GmbH.

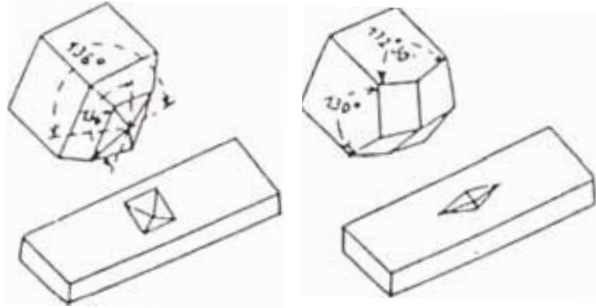


Figura 27

Punta de diamante y huellas correspondientes al procedimiento de Vickers (izquierda) y al procedimiento de Knoop (derecha).

7.4.4 Ensayo De La Dureza Rockwell.

Este método se basa en medir la resistencia que oponen los materiales ser penetrados, en función de la profundidad del cuerpo penetrante. Se acostumbra a emplear este método cuando la dureza es alto donde por el método de Brinell no se pueda utilizar. Los cuerpos penetrantes utilizados en la medida de recubrimientos metálicos suelen ser: o bien un diamante en forma de cono de 120° con la punta redondeada con un radio de $0,2 \text{ mm}$, denominado "Penetrador Brade", o bien bolas de acero de diámetro: $1/8$ pulgada o $1/16$ pulgada.

Existen dos tipos de máquinas, una de ellas esquematizado en la figura 28, aplicados para la determinación de medidas de los materiales gruesos, con escalas A, B, C, D, E, F, G, H, K, L, M, P, R, S, V y el otro tipo de máquina se aplica para materiales de poco espesor, con las escalas 15-N, 30-N, 45-N, 15-T, 30-T y 45-T, además estas máquinas llevan dos escalas: una con números negros, para las mediciones de punta de diamante la otra con números rojos, para las mediciones con bolas de acero.

El valor de la dureza se lee directamente en la esfera del aparato, sin hacer ningún cálculo ulterior. Los ensayos de este tipo son denominados mediante la letra mayúscula HR seguida de la letra en minúscula que define la escala utilizada.

En el mercado existen aparatos muy sofisticados que permiten determinar distintas durezas, tal es el caso "Dia testor 2Rc

Wolpert" de la firma Wolpert Werker GmbH. El espesor mínimo del material recubrimiento para la realización del ensayo debe ser diez veces superior a la profundidad de penetración de la punta de diamante o de la bola usada en el ensayo.

7.4.5 Ensayo De La Dureza Por Rayado: Ensayo Martens.

Martens ideó el primer instrumento (esclerómetro) para medir la dureza por rayado, que se basa en la medición de la anchura de la raya producida por una punta de diamante, de forma piramidal y con un ángulo de 90° en el vértice, sobre la superficie de la muestra. al ser esta prohibida en una determinada dirección y llevar la citada punta de diamante una carga específica constante. (Figura 29).

Se calcula la dureza Martens AM por la fórmula:

$$AM = 10.000 / \lambda^2$$

Siendo λ la anchura en micras.

Existen aparatos sofisticados que determinan la dureza Martens como el "medidor de dureza Zwick-3212" de la firma alemana Zwick GmbH de Ulm que se expone en la figura 30 que además mide la dureza Brinell, dureza Vickers o dureza Knoop.

7.5 ENSAYOS PARA EL CONTROL DE LA ADHERENCIA.

Una buena adherencia de un recubrimiento electrolítico se obtiene por la continuidad de la estructura del metal base, reproducida por el recubrimiento, ya que en este caso

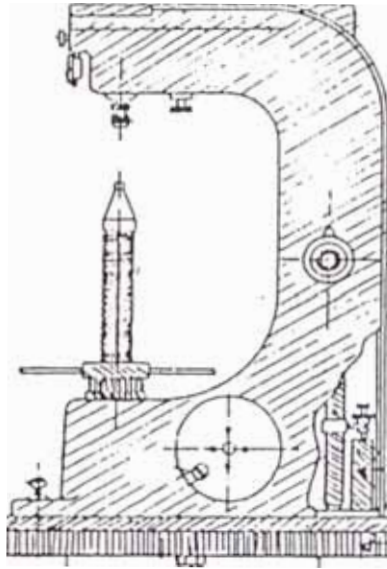


Figura 28
Máquina Delta usada en el ensayo Rockwell.

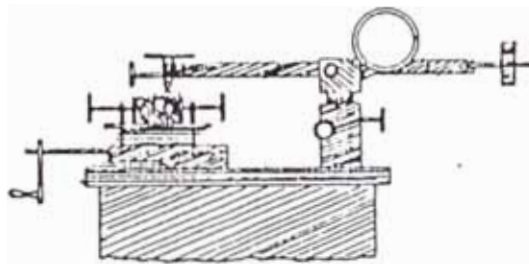


Figura 29
Esclerómetro de Martens.

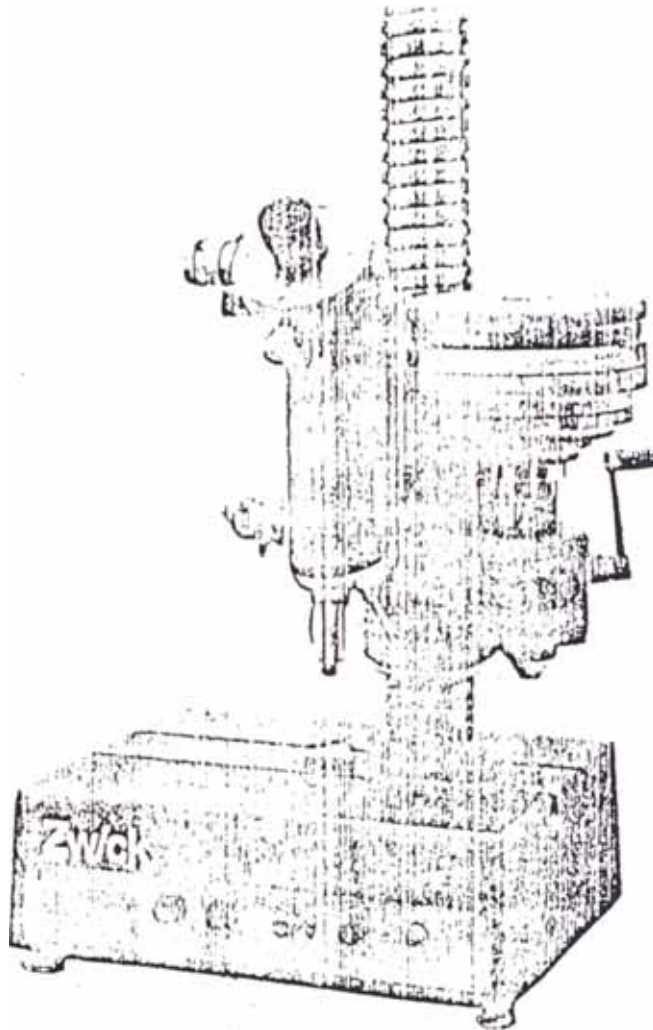


Figura 30

Medidor de dureza "Zwick - 3212.(Zwick GmbH & Co., Ulm -
Alemania Occ.)

CAPITULO VIII

INSPECCION Y CONTROLES QUIMICOS Y ELECTROQUIMICOS EN LOS DEPOSITOS ELECTROLITICOS EN CROMO BRILLANTE (Como Producto Acabado)

Los procedimientos de ensayo a los que hacemos referencia aquí son tales que, en parte, son aplicables para cualquier capa protectora, o, por lo menos, para las metálicas. En primer lugar se tratará de establecer de qué clase de capa protectora se trata; luego se procederá a la porosidad y, finalmente de su acción protectora y resistencia a las acciones atmosféricas.

8.1 ENSAYOS PARA LA DETERMINACION DE LA CLASE DE RECUBRIMIENTO.

La clase de recubrimiento metálico es ya, generalmente, determinable para un ojo experimentado, por su aspecto, pero si la composición del recubrimiento que se ha de ensayar no se conoce bien, lo primero que debe hacerse es un análisis cualitativo de aquel en el que se puede incluir la identificación del metal base después de quitar el depósito. Como punto de partida, con imán se puede determinar si se trata o no de un metal ferroso, aunque debe tenerse en cuenta que los aceros al cromo-níquel (inoxidables) no son magnéticos.

8.1.1 Ensayos De Análisis Por Disolución.

La identificación del revestimiento puede realizarse por disolución en ácido. Hay que evitar, como es natural, que se

disuelva el metal de la base. La superficie se desengrasa con un agente desengrasante, se moja con unas gotas de ácido u base, que se lleva con el frasco lavador antes de que el depósito se haya disuelto hasta el metal de la base, a un tubo de ensayo o a una cápsula de porcelana, donde se prosigue el ensayo, añadiendo los reactivos pertinentes. La tabla siguiente facilita esta identificación, en la cual (+) significa ataque, (-) ausencia de ataque (±) ataque débil.

COMPORTAMIENTO DE METALES USUALES CON LOS ACIDOS Y LOS ALCALIZ

METAL	ACIDO SULFURICO	ACIDO CLORHIDRICO	ACIDO NITRICO	AGUA REGIA	SOSA CAUSTICA
Aluminio	±	+	-	+	.
Plomo	-	-	+	+	+
Cromo	-	+	-	+	-
Hierro	+	+	+	+	-
Oro	-	-	-	+	-
Cadmio	+	+	+	+	
Cobre	±	±	+	+	-
Níquel	-	±	+	+	-
Rodio	-	-		-	-
plata		-	+		-
Cinc	+	+	+		+
Estaño	±	+	-	+	+

8.1.2 Ensayo En Base A Papeles Indicadores.

La identificación no destructiva de la mayor parte de los metales más usuales puede realizarse con la ayuda de papeles

especiales que se humedecen se aplican la superficie metálica desengrasada previamente. Después de algunos minutos, aparece una variación de coloración, a partir de la cual puede determinarse la naturaleza del metal.

Aquí algunos ejemplos que nos podrá demostrar esta técnica, de los metales más importantes.

PAPEL INDICADOR PARA COBRE:

Preparación: La Preparación se hace por inmersión del papel en una solución al 1% de dietil-ditiocarbamato sódico y se seca .

Color: Incoloro

Utilización: El papel se sumerge en agua y se seca parcialmente presionándola entre dos papeles de filtro, a continuación se sumerge en ciclohexanona y se aplica la superficie metálica. Aparece una coloración pardo-amarillenta. Este papel puede emplearse también para identificar cobre en aleaciones de cobre, por ejemplo, latón y alpaca.

PAPEL INDICADOR PARA NIQUEL:

Preparación: El papel se prepara por inmersión en una solución al 1% de dimetilglioxima en alcohol y se seca continuación.

Color: Incoloro

Utilización: Se humedece el papel y se aplica sobre la superficie para tener un color rojo. También resulta adecuado el papel para detectar níquel sobre alpaca.

PAPEL INDICADOR PARA PLATA:

Preparación: La preparación comprende 2 etapas. En la primera se sumerge en la solución A y se seca. Después se sumerge en la solución B y se seca nuevamente.

Solución A: 0,3 g de p-dimetil-benzil indenorodamina por litro de metanol.

Solución B: 67 g de ferrocianuro potásico más 1,3 de ferrocianuro potásico por litro de agua destilada.

Color: Naranja

Utilización: La mitad de la tira de papel indicador se sumerge en solución de amoniaco al 5%, la que se agrega un 3% de agente humectante y se aplica sobre la superficie de ensayo. En presencia de la plata aparece una coloración roja al cabo de unos minutos, este color resalta sobre el resto de la tira, cuyo color no jabrá variado.

PAPEL INDICADOR PARA EL CADMIO.

Preparación: El papel filtro se sumerge en una solución de 0,1 de ditizona (tiocarbazona) en 100 ml de tetracloruro de carbono filtrada posteriormente.

Color: Verde pardo grisáceo.

Utilización: El papel indicador se sumerge en agua presencia del cadmio se detecta por coloración naranja que aparece al cabo de 5 minutos.

PAPEL INDICADOR DE CINCO:

Preparación: Lo mismo que el cadmio.

Color: Verde pardo-grisáceo

Utilización: La tira de papel indicador se sumerge en ciclohexanona, desarrollándose un color verde oscuro y se aplica entonces sobre la superficie que se ensaya. En presencia de cinc aparece un color rojo al cabo de pocos minutos.

PAPEL INDICADOR PARA EL ALUMINIO:

Preparación: Una tira de papel filtro se sumerge en una solución de sosa al 2% con 0,1 de quinalizarina (1,2,5,8, tetra-oxi-antraquinona) y, finalmente, se seca.

Color: Los papeles son azul-violeta.

Utilización: El papel indicador se humedece con agua destilada se coloca sobre la zona que se ensaya. Después de unos minutos se retira y aún húmedo se sumerge en una solución al 10% de ácido acético. La parte de la tira de ensayo que ha estado en contacto con la superficie toma una coloración rojo-violeta, en tanto que las otras zonas de papel adquieren tonalidad amarilla.

PAPEL INDICADOR PARA EL ESTAÑO:

Preparación: El papel de ensayo se prepara mojándola en una solución de azul de metileno de 0,02 g/l y dejándola secar.

Color: Azul claro.

Utilización: una tira de papel indicador se sumerge en ácido clorhídrico 0,1 y se aplica sobre la superficie. Después de 10-15 minutos se separa la tira se deja secar. Si hay presente de estaño se decolorará.

8.1.3 Examen Cuantitativo.

El análisis cuantitativo de un recubrimiento puede ser necesario para comprobar la composición de algunas aleaciones (cobre-cinc, cobre-estaño, estaño-cinc, níquel-estaño, etc). Para ello se emplean los métodos normales de análisis químicos.

8.2 ENSAYOS PARA LA DETERMINACION DE LA POROSIDAD.

Los ensayos de porosidad de los depósitos revisten una gran importancia, por la relación directa que la porosidad tiene con el ataque de la corrosión, ya que es precisamente en los poros donde comienza este. El peligro es mayor cuando se trata de recubrimientos de metales más nobles (más electropositivos) que el metal base, ya que en los poros forman ambos metales una pila galvánica, actuando el metal de recubrimiento como cátodo y el metal-base, a proteger, como ánodo, disolviéndose en el agente corrosivo. Tal es el caso de recubrimientos de cobre, estaño, níquel, etc, sobre hierro. Cuando el metal de recubrimiento es menos noble (más electronegativo) que el metal-base, si bien se debería esperar una protección eficaz (ya que en los poros ambos metales forman un elemento galvánico, actuando el metal base como cátodo y el metal de recubrimiento como ánodo disolviéndose y protegiendo aquél), la existencia, por la acción atmosférica, de capas de óxidos y carbonatos no conductoras, dificulta e incluso impide parcialmente dicha acción. La acción protectora de dichos recubrimientos queda, pues, muy disminuida cuando en el recubrimiento aparecen poros que comunican el depósito con el metal-base.

Un ejemplo clásico de este tipo de recubrimientos lo constituyen los depósitos de cinc o cadmio sobre hierro.

Con el objetivo de normalizarlo, damos las definiciones y clasificaciones siguientes:

Definición de Poros.

Los poros son cavidades existentes que pueden estar llenos en parte o totalmente con materias extrañas.

Tipos de Poros.

Es necesario distinguir a los poros denominados pasantes y a los enmascarados.

- Poros pasantes: Atraviesan la superficie de recubrimiento partiendo del metal base y pasan la capa totalmente (Figura 42) sea verticalmente, oblicuamente, en forma curvada, o en forma ramificada.
- Poros Enmascarados: (Figura 43) Aparecen a partir del metal base y quedan recubiertos o existen en la masa del recubrimiento o atraviesan la superficie del recubrimiento pero no a partir del metal-base (fosas).

Tamaño de Los Poros.

Grandes Poros: Reconocibles a simple vista.

Pequeños Poros: Reconocibles solamente con lupa, con un aumento de 10 veces o con un microscopio.

Porosidad Submicroscópica: No reconocibles con microscopio, estando relacionados con la disposición cristalina.

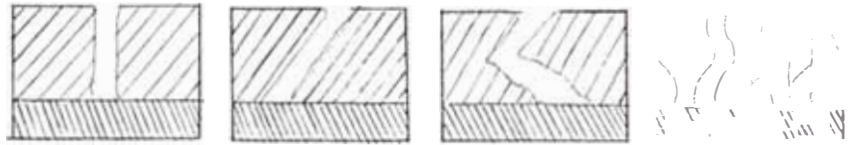


Figura 42
Poros pasantes

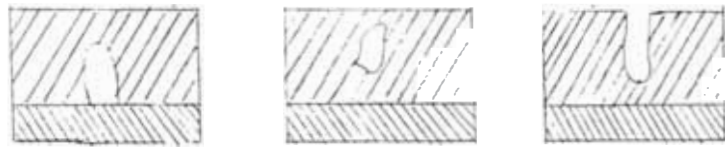


Figura 43
Poros enmascarados

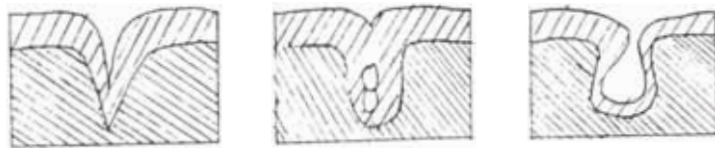


Figura 44
Poros por defecto del material base

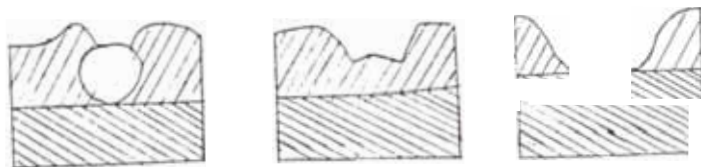


Figura 45
Poros por recubrimiento parcial

Causas de Aparición de Poros.

Los poros que se observan en la práctica en los recubrimientos electrolíticos se deben:

- (1) A defectos en el material base
- (2) A recubrimiento parcial y
- (3) A propiedades de los baños o reacciones ulteriores.

En la Figura 44 tenemos un ejemplo de defecto en el material base (microgeometría de la superficie); en la Figura 45 tenemos un ejemplo de recubrimientos parcial; y en la figura tenemos un ejemplo de defectos por diversas razones.

Los ensayos de porosidad que vamos a considerar son:

1. Ensayo con ferrocianuro
2. Ensayo con agua caliente
3. Ensayo de cloruro sódico-cloruro cúprico.
4. Ensayo con sulfato de cobre
5. Ensayo anódico con ácido crómico
6. Ensayo electrográfico.

8.2.1 Ensayo con Ferrocianuro.

Actualmente se está redactando una norma este respecto. El procedimiento consiste en que una tira de papel filtro, es sumergida en una solución acuosa conteniendo 50 g/l de $ClNa$ y 50 g/l de agar-agar o gelatina blanca y secada al aire. Para realizar el ensayo se introduce la tira de papel así

preparada en una solución acuosa conteniendo 50 g/l de ClNa , colocándose seguidamente la tira humedecida y en contacto con la solución, sobre la muestra en estudio durante unos minutos. continuación se sumerge el papel en una solución acuosa conteniendo 10 g/l de $\text{Fe}(\text{CN})_6\text{K}_3$ (ferrocianuro de potasio) observando la aparición de puntos azules en los lugares donde el papel ha estado en contacto con los poros del recubrimiento (la solución disuelve el fierro oxidado por defecto del cloruro de sodio como sal ferrosa que con el ferrocianuro forma el azul de Turnbull) se deja secar el papel una vez seco se realiza el recuento de poros existentes.

A título informativo, se considera que un recubrimiento es satisfactorio si existe un poro por cada 6 cm^2 de superficie.

Este ensayo es especialmente adecuado para conocer la porosidad de los recubrimientos de níquel sobre hierro o acero. Cuando el metal base es cobre latón, se sustituye en el ensayo la solución de $\text{Fe}(\text{CN})_6\text{K}_3$ por solución de $\text{Fe}(\text{CN})_6\text{K}_4$, apareciendo puntos rojizos en vez de puntos azules.

Este ensayo es fidedigno, si la pieza ha sido previamente bien desengrasada, primero con bencina, alcohol, tricloroetileno y luego con frote por cal de Viena.

8.2.2 Ensayo En Agua Caliente.

Se usa para recubrimientos de níquel sobre hierro, consiste en sumergir la pieza en examen durante 6 horas en agua

destilada con $\text{pH}=4,5-7$, la temperatura de $95-100$ °C.

Al cabo de ese tiempo se saca la pieza se deja secar, indicándonos los puntos o manchas pardas de óxido aparecidos en la superficie de la pieza. Este ensayo se descarta a veces por no ser suficientemente sensible.

8.2.3 Ensayo de Cloruro Sódico - Cloruro Cúprico (norma francesa NF-A-91-101.

Se utiliza para detectar poros en los recubrimientos de cromo sobre níquel. La muestra ensayar se desengrasa primero con una mezcla de alcohol éter 1:1. y una vez seca se sumerge inmediatamente, durante 1 minuto, en una solución reactivo formada por 120 g/l NaCl 170 g/l cloruro cúprico, a la que se habrá añadido unos gramos de óxido cúprico para neutralizar la acidez libre, utilizándose para el ensayo la solución filtrada.

Después de transcurrido el tiempo citado de inmersión o estucado, la pieza se lava con agua corriente y se seca ligeramente con un trapo. La existencia de porosidad se evidencia por la presencia de manchas mates o lechosas.

8.2.4 Ensayo Con Sulfato De Cobre.

Los poros grandes se pueden hacer visibles así mismo en objetos de hierro níquelados por la prueba del sulfato de cobre. Se emplea una solución de 200 g/l de sulfato de cobre con 20 30 g/l de ácido sulfúrico, en la que se sumergen las piezas

pequeñas o con la que se mojan con auxilio de un trapo las mayores, tras haber sido perfectamente desengrasadas.

En el ensayo de la porosidad de recubrimientos de cromo, se emplea una solución de sulfato de cobre con 200 g/l de sal cúprica 75 g/l de ácido sulfúrico concentrado en la que suspenden las piezas, previamente desengrasadas como cátodos, manteniéndose 5 minutos a unos 0,2 voltios; el cobre separado no se adhiere sobre el cromo sino solamente en aquellos puntos en que asoma el metal. El procedimiento es apropiado para depósitos de cromo sobre cualquier metal.

8.2.5 Ensayo Anódico Con Acido Crómico.

Consiste en someter la pieza ensayar, como ánodo, en un baño de cromo común (350 g/l + 3,5 g/l H_2SO_4) una densidad de corriente de 30 A/dm² durante 2-5 minutos. Seguidamente se enjuaga y seca y se observa bajo microscopio de 50-100 aumentos la existencia de poros o fisuras.

8.2.6 Ensayo Electrográfico.

De los ensayos descritos, nada nos dicen los poros interiores "enmascarados", los cuales no son detectados. Para ello se ha utilizado el ensayo electrográfico, que consiste en hacer pasar la corriente eléctrica a través de un electrólito (papel empapado con un reactivo adecuado), actuando el recubrimiento como ánodo y utilizando como cátodo una plancha delgada de aluminio o cobre, separados ambos electrodos por el

papel humedecido y convenientemente prensados por un pinza adecuadamente aislada (Figura 46). La pieza ensayar debe estar perfectamente limpia y desengrasada. El papel utilizado puede ser papel de filtro común. Este papel se humedece con un electrólito adecuado, que suele ser para recubrimientos metálicos sobre base férrica sobre níquel, una solución de NO_3Na ó NO_3K al 5%.

Una vez colocado el papel humedecido sobre la pieza a ensayar y sobre dicho papel la plancha de aluminio o cobre, el conjunto es convenientemente aislado y prensado, sometiéndolo al paso de una corriente eléctrica de baja intensidad (30 ma/dm^2) durante 5 minutos. Al cabo de dicho tiempo se saca el papel y sumerge durante 1 minuto en una solución acuosa conteniendo 50 g/l de $\text{Fe}(\text{CN})_6\text{K}_4$ 30 ml/l de ácido acético glacial, para base férrica y en una solución conteniendo 1% de dimetilglioxima en alcohol etílico o amónico concentrado para base de níquel, apareciendo una vez seco el papel, cuando existen poros, puntos manchas marrones o rosados, según el caso.

8.3 ENSAYO PARA LA DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA CORROSION.

La corrosión consiste esencialmente en la acción de reacciones que se producen entre un metal (sea recubrimiento, sea base) y el medio ambiente que lo rodea, siendo por lo tanto el comportamiento ante ese fenómeno una propiedad conjunta del

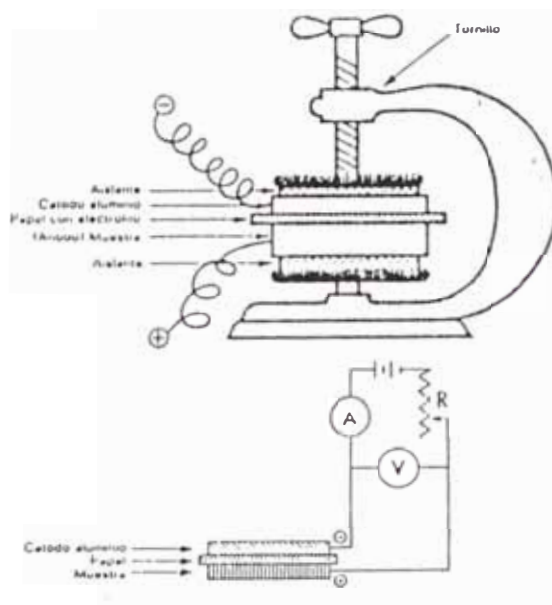


Figura 46

Dispositivo de prensado y esquema del circuito para el ensayo electrográfico sobre papel.

metal o recubrimiento del metal o recubrimiento y del medio ambiente en el que está expuesto.

Los recubrimientos metálicos se aplican en la mayor parte de los casos como protección contra la corrosión, y para el acero especialmente contra la oxidación. Como se desea una protección eficaz durante un cierto número de años, los ensayos de esta duración no son posibles antes de la aceptación del material. Por consiguiente, es necesario poder emitir un juicio fundado sobre un control rápido. El ensayo rápido debe, pues, tratar durante un tiempo relativamente pequeño, de exagerar el ataque que se pueda producir en las condiciones atmosféricas, sin que por esto pueda crear tipos de corrosión que no puedan producirse al aire libre. La ventaja del ensayo rápido es permitir la realización presecución de condiciones de ensayo biendefinidas. Por el contrario, los parámetros climáticos varían enormemente no solamente al ritmo de días de años sino igualmente en función de periodos más cortos y más largos, según las diferentes regiones.

Dentro de los principales ensayos que vamos considerar tenemos:

1. Ensayo de la Niebla Salina.
2. Ensayo por proyección de sal.
3. Ensayo de la niebla salino-acética.
4. Ensayo corrodokote.
5. Ensayo de Tropicalización
6. Ensayo de condensaciones alternadas

7. Ensayo de inmersión alternada
8. Ensayo de exposición a la intemperie
9. Ensayos a los vapores nítricos
10. Ensayo con anhídrido sulfuroso.

8.3.1 Ensayo De La Niebla Salina (Norma ASTM B-117-62; ASTM 287-61; Norma Francesa FN-X-41-002) (1853)

Este ensayo consiste en exponer la pieza objeto del exámen a una niebla salina durante cierto espacio del tiempo, manteniendo constante la temperatura. El tiempo transcurrido desde que se introdujo la pieza hasta que comienza el ataque de la corrosión nos da una medida de la capacidad de resistencia del recubrimiento a dicho ataque.

Este ensayo se realiza en cámaras de diversas formas, construidas con materiales resistentes a la acción de las soluciones usadas debiendo permanecer dicha cámara durante el ensayo para impedir pérdidas de calor y humedad.

En la Figura 47 se dá un croquis de la cámara según las especificaciones dadas por la ASTM (American Society for Testing Monetariats)

La cámara lleva en el fondo la solución salina, la cual convertida en fina niebla mediante un pulverizador de aire caliente. La corriente de aire puede alcanzar una humedad de 80-90%, conseguida por burbujeo de la misma a través de agua

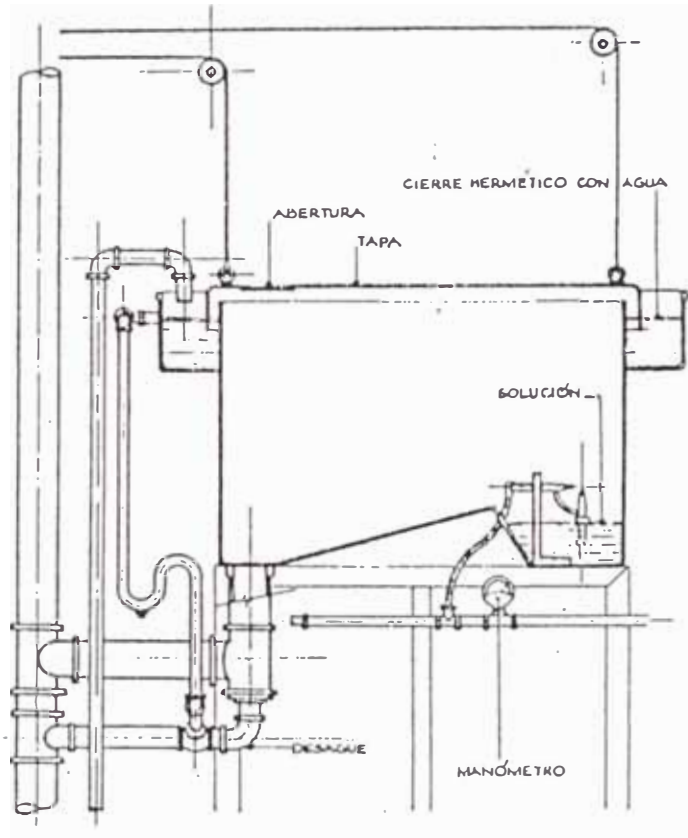


Figura 47

Esquema de una cámara de niebla salina, basada en las normas A.S.T.M.

caliente recalentada. La cámara lleva además un tanque, destinado a contener la solución salina, elementos de calefacción, tuberías de entrada de aire, agua, desague de la misma, así como control automático de la temperatura del agua.

Las piezas a ensayar son colocadas en la parte superior de la cámara mediante un dispositivo adecuado, pudiéndose observar el proceso por una o varias ventanas dispuestas en las paredes de la misma.

Según la Norma ASTM B117-61, la solución debe contener 5 ± 1 partes de ClNa puro, disueltas en 95 partes de agua destilada. El pH de la solución salina, una vez recogida después de su pulverización a $35\text{ }^{\circ}\text{C}$, debe estar comprendido entre 6,5-7,2. El aire comprimido para llevar a cabo la pulverización, libre de suciedad y aceite, debe ser mantenido entre 0,7-1,7 atmósferas. La temperatura de ensayo es de $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ y la cantidad de niebla producida debe ser tal que por cada 80 cm^2 de superficie colectora horizontal se recojan $0,75-2,0\text{ ml}$. de solución por hora, siendo el tiempo de duración de 16 horas por lo menos.

Antes de realizar el ensayo las piezas deben estar perfectamente limpias y desengrasadas, una vez realizada la prueba, las piezas se deberán lavar con agua pura a una temperatura de $38\text{ }^{\circ}\text{C}$, para separar la sal depositada sobre la superficie, inmediatamente secadas, procediendo a continuación a su examen. Los tiempos de duración de esta prueba suelen ser de 16, 24, 48, 96, 168, 240, 500 y 720 horas.

Una vez finalizado el ensayo, se hará un detallado examen de las probetas o muestras, a fin de determinar si las mismas presentan o no síntomas de deterioro que se especifican en los pliegos de **condiciones** del material bajo ensayo.

8.3.2 Ensayo Por Proyección De Sal. Norma Británica BS 1391-1952).

Se efectúa de la siguiente forma:

Las probetas serán sometidas durante 5 días una vez por día una proyección de agua de mar artificial (23 g/l de NaCl, 8,9 g/l de $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, 9,8 g/l de $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 1,2 g/l CaCl_2 anhidro) utilizando una boquilla de pulverización manual. El tamaño de las gotas y su reparto han de estar normalizados. Las probetas sometidas a la proyección se suspenderán verticalmente por medio de una barra de vidrio por encima de un recipiente lleno de agua recubierto de una cajita de plancha laqueada. La humedad ha de ser del 100 por 100 (13-21°C). La solución pulverizada debe pesar 0,17 a 0,33 g/m².

Según la norma que prescribe hasta 28 días de ensayo, se determina la pérdida de peso de las probetas de comparación no protegidas después de la eliminación del óxido. No debe ser inferior 33 g/m², después de 5 días y de 137 g/m² después de 28 días.

8.3.3 Ensayo De La Niebla Salino-Acética (Norma Británica BS 1224-1965).

Se desarrolló como una modificación del ensayo de la niebla salina, con el fin de reproducir el ampollado que se

producía en condiciones de servicio en los recubrimientos metálicos depositados sobre aleaciones de cinc.

Se utiliza para este ensayo una solución conteniendo $5,0 \pm 0,5\%$ de NaCl, la cual se ajusta a $\text{pH}=3,2-3,5$ con ácido acético glacial.

La temperatura del ensayo es de $35 \pm 0,5$ C y la cantidad de niebla producida debe ser tal que cada 80 cm^2 de superficie colectora se recojan 1-2 ml. de solución por hora. La duración del ensayo es de 72 horas, utilizándose una cámara de las mismas características que el ensayo la niebla salina. La manipulación del ensayo, se realiza del mismo modo que en dicho ensayo se ha indicado.

8.3.4 Ensayo De Corrodokote. (Norma ASTM B-380-16T y ASTM B-380-61T).

En la Figura 48 mostramos la cámara de ensayo utilizada, construida generalmente de hierro revestido de una resina inatacable, está convenientemente aislada con una capa de corcho o lana de vidrio, y lleva en su interior los correspondientes dispositivos de calefacción de aire y de ventilación, además de los adecuados sistemas automáticos de control.

Preparación De Las Soluciones Reactivos Patrón.

Nitrato Cúprico: 2,50 g de Nitrato cúprico se disuelve en agua destilada, hasta un volumen exacto de 500 ml. en matraz aforado ($\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$).



Figura 48

Cámara para el ensayo Corrodokote.

Cloruro Férrico: 2,50 g de cloruro férrico ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) se disuelve en agua destilada hasta, un volúmen exacto de 500 ml. en un matraz aforado.

Cloruro Amónico: 50 g. de cloruro amónico (NH_4Cl) se disuelve en agua destilada hasta un volúmen exacto de 500 ml. en una matraz aforado.

Preparación del Barro Corrodokote.

Se toma 7,0 ml. de la solución reactivo de nitrato cúprico y se coloque en un vaso de precipitados de vidrio de 250 ml. de capacidad.

Se toma 33,0 ml. de la solución reactivo de cloruro férrico y se coloca en el vaso de precipitados conteniendo el nitrato cúprico.

Se toma 10,0 ml. de la solución reactivo de cloruro amónico y se coloca en el vaso de precipitados conteniendo el nitrato y el cloruro.

Se pesan 30 g de caolín y se añaden a los 50 ml. de la solución anterior. Se mezcla la mezcla anterior por medio de agitación mecánica, durante 2 minutos hasta conseguir un barro homogéneo. Preparar este barro diario para este ensayo.

Procedimiento del Ensayo.

Una brocha se sumerge en el barro anterior preparado y cubrir con movimientos circulares, la zona de muestra a ensayar. Previamente la muestra debe haber sido desengrasada. Extender

alisar uniformemente la capa de tierra (barro) y luego limpiar la brocha con agua corriente para ser utilizado en otro ensayo. Dejar secar la capa durante 1 hora.

Colocar la muestra a ensayar en la cámara de ensayo.

Si se trata de muestras de metal-base cinc o aleación: sacar la capa de barro de la superficie de la muestra mediante agua corriente y esponja, secarla y examinarla .

Si se trata de muestras de metal-base acero: contar con el número de manchas de óxido (herrumbre) antes de limpiar la muestra y, a continuación lavarla con agua corriente y esponja. Después se vuelve a colocar la muestra de metal-base acero en la cámara de ensayo durante 4 horas, y se examina de nuevo la muestra. La humedad alta de la cámara o la salinidad de la cámara, hará aparecer las manchas de óxido nuevamente. Finalmente, se registra el estado de la superficie del recubrimiento. El ensayo puede comportar varios ciclos de 20-24 horas continuas. En este caso, después de cada ciclo de 20-24 horas, la muestra se debe limpiar del barro corrosivo que la impregna, y aplicar sobre la superficie de la misma una porción de barro, colocándola a continuación otra vez en la cámara de ensayo.

Este ensayo se ha aplicado con buenos resultados en E.E.U.U. para el ensayo de recubrimientos de níquel, cobre y cromo sobre base de hierro o acero y sobre cinc o aleación de cinc (zamac).

8.3.5 Ensayo De Tropicalización (Norma Alemana DIN 50015)

Consiste este ensayo en someter las muestras, **introducidos** en una cámara especial, con una corriente de aire húmedo (**100% de humedad**) y caliente (88 C) durante un periodo de tiempo de 8 horas, al cabo de las cuales se interrumpe la corriente de aire y la calefacción, permaneciendo las piezas en el interior de la cámara durante otro periodo de 16 horas. Este proceso vendría a ser un ciclo completo, pudiendo realizarse uno o más ensayos. Después de cada ciclo, las muestras ensayadas son examinadas con el objeto de **conocer el progreso** de la corrosión.

La cámara utilizada (Figura 49) consta en la parte superior de la misma, de unas barras de las que se cuelgan las piezas a ensayar y en la parte inferior existe un recipiente que contiene el agua la cual es calentada mediante un mechero de gas situado en el fondo del recipiente. Consta en uno de los laterales de la cámara de un ventilador y en la otra pared de un termostato.

8.3.6 Ensayo De La Condensación Alternada (Norma DIN 50017)

Este aspecto está constituido por una cuba, revestido de plomo o material plástico, con chasis vidriado en el techo, inclinado descansado sobre la cuba, que le da facilidad de manejo. esta cuba está calorifugada eléctricamente y lleva un dispositivo, **constituido** por material no corroible para la colocación de las probetas a ensayar.

Este ensayo se basa en la formación de agua de condensación. Es **conocido el hecho de que el rocío** que se deposita sobre una

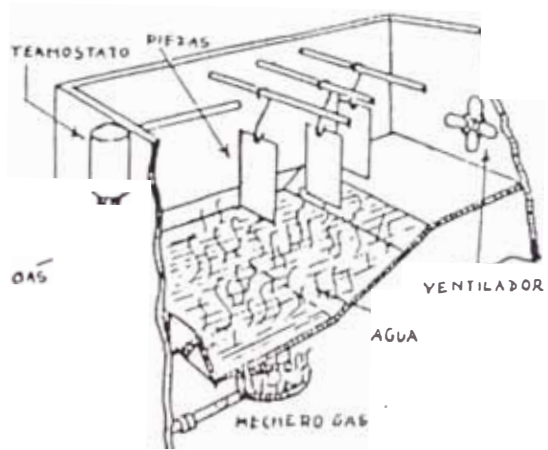


Figura 49
Cámara para el ensayo tropical.

superficie en forma de gotas, es más frío que el aire ambiental, estas gotas condensadas en el interior de los aparatos industriales artículos en general, precipitados de una niebla, poseen una gran capacidad para recorrer numerosos recubrimientos metálicos. Este tipo de corrosión es muy similar la corrosión real, por cuyo motivo los resultados obtenidos pueden ser considerados como el fiel reflejo del comportamiento de los recubrimientos metálicos.

8.3.7 Ensayo De Inmersión Alternada (Norma Alemana DIN 50907 y Norma Americana ASTM B-192-44T).

Este ensayo simula el flujo y reflujo del mar, propio de las mareas, siendo un ensayo de características severas. La muestra ensayar (probetas) se suspende de una cubierta perforada sostenida por un eje central, la cual, mediante un adecuado sistema eléctrico, baja y sube regularmente, arrastrando en su movimiento a las probetas, que son así sumergidas durante un tiempo establecido (20 minutos) en agua destilada conteniendo en un recipiente en agua de mar (o agua conteniendo 3% de NaCl) contenido en otro recipiente. Después de este tiempo de inmersión, las probetas son elevadas para secado al aire durante otro periodo de tiempo también pre-establecido (por ejemplo 40 minutos).

La Norma DIN 50907 recomienda otro ciclo de minutos de inmersión 25 minutos de secado, fijando un volumen de 6 ml. de solución salina para cada cm² de superficie de muestra

(probeta). Así mismo indica una temperatura y una humedad constantes para la cámara de ensayo, fijándolas en 65 °C y en un 65%, respectivamente.

8.3.8 Ensayo De Exposición A La Intemperie.

Veblen en 1956 distinguió para la realización de estos ensayos una serie de atmósferas naturales, atmósferas que, con las condiciones características de cada una de ellas, damos en la tabla siguiente:

ATMOSFERA	CARACTERISTICA
Atmósfera rural	Aire sustancialmente libre de impurezas.
Atmósfera Urbana	Aire contaminado por SO ₂ , hollín y polvo.
Atmósfera Industrial	Parecida a la de la Atmósfera urbana pero conteniendo más impurezas, entre ellas algunos productos químicos activos.
Atmósfera marina	Exento de polvo, por tanto, con luz solar fuerte, con alta humedad y llevando gotas de agua de mar.
Atmósfera combinada con Urbana, marina e industrial	Efectos propios de la contaminación de la Atmósfera urbana o industrial, agravados por la gran humedad y las gotas de mar, propias de la atmósfera marina.
Atmósfera tropical húmeda	Alta humedad relativa, temperatura elevada y fuerte condensación (rocío)
Atmósfera tropical Marina	Efectos propios de la atmósfera marina, incrementados por la temperatura elevada.
Atmósfera tropical combinada con Atmósfera industrial	Los efectos propios de la alta humedad y elevada temperatura están agravados por el SO ₂ .

En cada país, estos ensayos se suelen realizar en lugares geográficos fijos y determinados. Así, en Estados Unidos, los ensayos de exposición a la intemperie, de larga duración, se realizan en los siguientes puntos geográficos:

- En atmósfera rural: Localidad de State College (Estado de Pensilvania)
- En atmósfera industrial: Localidad de Detroit New York
- En atmósfera marina: Localidad de Kure Beach (Estado de North Carolina)

Estos ensayos se realizan en estaciones de observación, donde las probetas a ensayar se montan en paneles bastidores, de la manera que se describe en la Figura 66, según se desee realizar el ensayo exponiéndolo las probetas al sol, a la lluvia y al polvo, bien se desee resguardar de esos agentes y exponerlas solamente a la escarcha (o rocío) y al aire. Según cual sea esa posición, los resultados serán diferentes.

Las probetas se suelen colocar sobre los bastidores con una inclinación de unos 30° con respecto a la vertical. Se evita la acumulación de agua de lluvia en el punto en que las muestras están sujetas a los apoyos. En la Figura 67 se da un esquema del método adecuado, los tornillos se protegen con cera o masilla.

En la exposición de los ensayos de exposición a la intemperie es menester de tomar nota de todas las condiciones climáticas

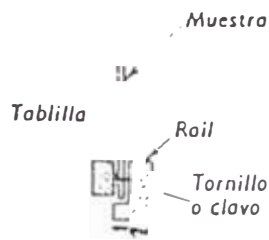


Fig. 148 Portamuestras sencillo.

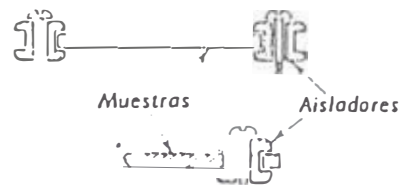


Fig. 149 Aisladores de porcelana o plástico para los tornillos de sujeción.

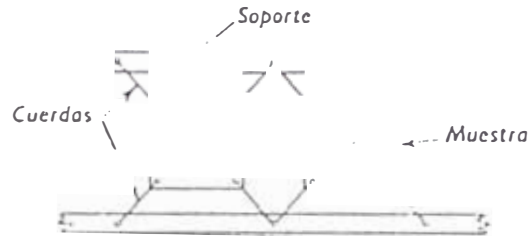


Figura 66

Sujección de una muestra (probeta) por medio de cordones o cuerdas de plástico (nylon).

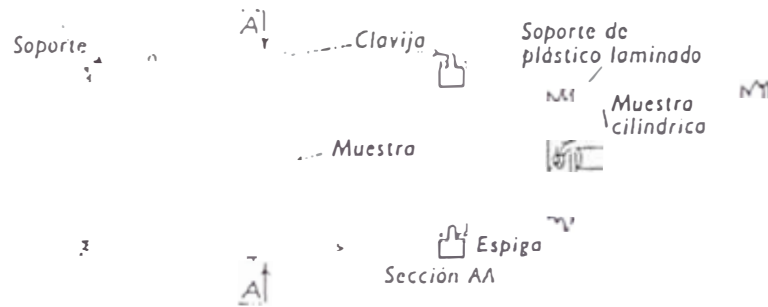


Figura 66-a

Sujección de una muestra (probeta) por medio de clavijas de plástico laminado o tornillos de metal con maguitos de plástico.

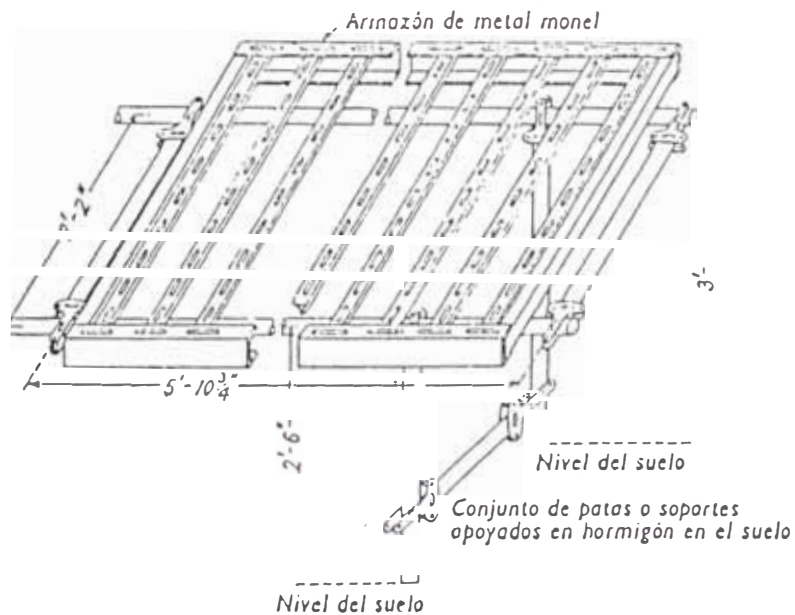


Figura 66-b

Bastidor compuesto por armazón metálico utilizado para ensayos de exposición a la intemperie en la estación de Kure Beach (USA). (Las dimensiones se dan en pies y pulgadas)

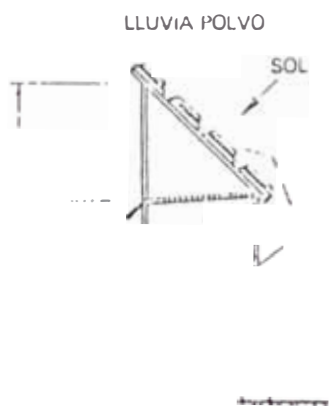


Figura 67

Estación de observación y dispositivo de montaje de las muestras (probetas).

producidas durante el periodo de exposición de las probetas, comenzando con la temperatura, después con la humedad relativa, luego con la dirección de los vientos dominantes finalmente con los días en que se aprecia escarcha, se produjeron heladas o se originaron lluvias.

Cada cierto tiempo, se deben determinar en estas clases de ensayos, la concentración del anhídrido sulfuroso (SO_2) en los ambientes industriales y la concentración de cloruros (Cl^-) en zonas costeras (ambientes marinos)

8.3.9 Ensayo A Los Vapores Nítricos.

En este ensayo se usa un recipiente cilíndrico, igual al descrito en el "ensayo del dióxido de azufre" dentro del cual se introduce la probeta a ensayar, convenientemente suspendido por un hilo de nylon o bien colocando en un bastidor. En un plato de cristal, situado en el fondo de este recipiente, se colocan 300 ml de Ácido nítrico concentrado, que generarán los vapores nítricos para el ensayo, que requiere por otra parte, una temperatura de 25 °C y un tiempo de permanencia de la muestra en esta cámara cerrada de 24 horas. Al cabo de ese tiempo, la muestra se saca de la cámara y, sin lavarla, se seca en estufa 105°C. Una vez enfriada la muestra a temperatura ambiente, se examina con microscopio o con lupa de 4-10 aumentos.

8.3.10 Ensayos Del Dióxido De Azufre (Norma Británica BS 124, Norma DIN 50018).

En este tipo de ensayo la cámara parecida a la descrita en el ensayo **corrodokote** en la que se introduce previamente una cantidad precisa de SO_2 (Figura 68). La probeta es sometida a esta atmósfera húmeda conteniendo SO_2 . Una vez transcurrido el tiempo conveniente, la muestra ensayada se saca de la cámara de ensayo y se examina.

Este método usual en Inglaterra para recubrimientos de **romo-niquel** sobre **acero** (lleven o no **capa intermedia** de cobre). Para las muestras llevando esos recubrimientos, el ensayo se realiza a una temperatura de $25 \pm$ C con una humedad relativa del 95%, con una concentración **ambiental** de dióxido de azufre del 1% (en volúmen) durante un tiempo de exposición de 24 horas.

8.3.11 Estimación Del Grado De Corrosión.

Se utilizan 2 **procedimientos**:

- Estimación Visual
- Pérdida de Peso

1. Estimación Visual.

En este ensayo, el "grado de corrosión" se **estima** mediante examen visual de la superficie expuesta de la muestra ensayada. La corrosión se **estima** en 3 fases: en la primera, el examen **visual** o **microscópico** se realiza en la muestra tal cual se recibe del ensayo, en la **segunda**, se **eliminan** los productos de **corrosión**, pero no el recubrimiento residual, y en la **tercera** fase, se **eliminan además** los residuos del recubrimiento.

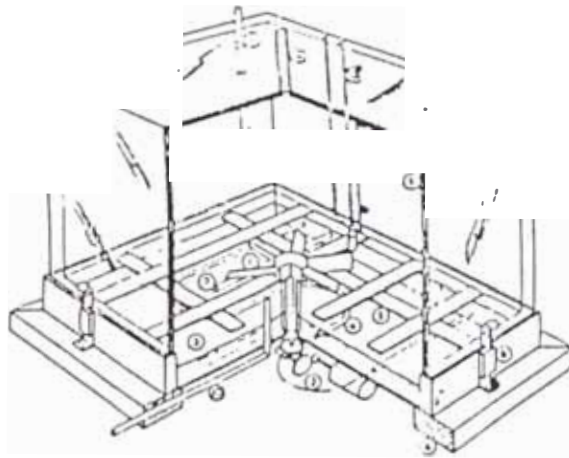


Figura 68

Cámara para el ensayo del dióxido de azufre (normas BS-1224).
1) Impulsor de plástico, 2) Transmisión, 3) Agua (5 cm de profundidad), 4) Calefactor con camisa de vidrio, 5) Listones protectores del calefactor, 6) Base de madera, 7) Termostato, 8) Muelle-clip para la cubierta, 9) Cubierta de Plástico de doble pared (grueso exterior 0,6 cm, grueso interior 0,3 cm), 10) Tubo de entrada del dióxido de azufre, 11) Tubo para sostener la muestra, 12) Tubo de entrada, 13) Termómetros de bulbo (húmedo y seco). Dimensiones de la cámara: 0,762 m. de longitud, 0,610 m. de anchura, 0,610 m. de altura (útil).

profundidad del mismo, se utiliza la expresión "picado", en cambio el "agrietado" debido tensiones puede sufrir rotura.

Reconocidos y clasificados los tipos de ataque que pueden presentar una muestra una vez ensayada, trataremos a continuación de los diversos sistemas actualmente en uso para la estimación del grado de corrosión de los recubrimientos basados en el examen visual de la muestra.

Uno de los sistemas para la estimación del grado de corrosión mediante examen visual más conocido es, sin duda, el sistema ASTM (American Society Testing and Materials). En él se establece una clasificación del área corroída que va desde el punto cero al número 10, correspondiendo al número cero el mayor porcentaje de área corroída y al número 10 el menor porcentaje de área corroída. Este coeficiente razón numérico corresponde a una función logarítmica del % de área corroída. En la tabla siguiente se da dicha clasificación:

NUMERO DE CLASIFICACION	% AREA CORROIDA	% AREA SOBRE LA GRAFICA
10		--
	0,0-0,10	0,14
8	0,10-0,25	0,25
7	0,25-0,50	0,39
6	0,50-1,00	0,80
5	1,00-2,50	2,46
4	2,50-5,00	4,0
3	5,00-10	9,5
2	10-25	20,6
1	25-50	28
	50-100	65

Clasificación ASTM según el área **corroída** y el área existente sobre la gráfica, deducida de las fotografías de las muestras-patrón **corroídas**.

La norma DIN 53,210, Alemana, recomienda un sistema para la evaluación de los resultados de los ensayos de **corrosión** referido a muestras de acero llevando uno u varios recubrimientos metálicos. La escala de este sistema se ha establecido **partiendo de la comparación** fotográfica de una serie de **superficies** **corroídas patrón**, estableciéndose grados de **corrosión**, que dan lugar a los correspondientes "números de **clasificación**". Estos grados de **corrosión**, junto con el **correspondiente** % de superficie **corroída** se dan en la **tabla siguiente**:

GRADO DE CORROSION	% DE SUPERFICIE CORROIDA (HERRUMBRE)
R0	0
R1	0,5 - 1 (aproximad.)
R2	5 (aproximad.)
R3	15 (aproximad.)
R4	30 - 40
R5	superior a 50

2. Estimación For Pérdida de Peso.

La Norma DIN 50901 trata de los factores de corrosión en el curso de una ataque regular. La velocidad de corrosión debe expresarse en g/m²/día y la pérdida lineal en mm/año.

En la literatura anglo-americana es normal dar la velocidad de corrosión en mdd (=mg/dm².día) la pérdida lineal en ipy (pulgada/año).

Para la eliminación de productos de la corrosión, la norma ASTM B 185-43T recomienda el empleo de un método electrolítico. Las probetas se tratan en una solución al 5 por 100 de ácido sulfúrico conteniendo 2 mg de inhibidor o 0,5 g/l de Diorthotolyl-tiource a 74 °C con una densidad de corriente catódica de 20 A/dm² durante 3 minutos. Como ánodos se utilizan placas de grafito.

Se puede igualmente tratar catódicamente en una solución de sosa cáustica al 10 por 100 o químicamente en una solución de

ácido clorhídrico al 10 por 100 con una substancia inhibidora. Previamente se lavan los productos de corrosión en agua corriente y es posible con la ayuda de un pincel o de un trozo de caucho. Para juzgar la pérdida de peso obtenida, hay que tener en cuenta los grados de resistencia que son las bases de las tablas de materiales de la Dechema-Werkstoff.

GRADOS DE RESISTENCIA	g/m ² /día	mm/año aprox.
Prácticamente resistente	2,4	0,1 (100)
Casi resistente	24	2,1 - 3,0
No especialmente resistente	72	10

Para los recubrimientos electrolíticos corrientes esta clasificación no se adopta, ya que según Schikorr (DIN 50960), la velocidad de corrosión es en los casos extremos de 30 por año. Por consiguiente, según esta clasificación, todos los recubrimientos serían considerados como prácticamente resistentes.

titulo informativo exponemos en la siguiente tabl los valores habituales de velocidad de corrosión corrosiva de diferentes ambientes atmosféricos en ensayos de campos:

METAL DE RECUBRIMIENTO	VELOCIDAD DE CORROSION			
	EN ATM. RURAL	EN ATM. URBANA	EN ATM. INDUSTRIAL	EN ATM. MARINA
Cobre	1,9	1,5-2,0	3,2-4	4,8
Níquel	1,1	2-4	4-5,	2,8
Cinc	1-3,4	1,6	3,8-19	2,4-15
Cadmio		2-15	15-30	-

RECOMENDACIONES

1. El primer paso a realizar en el control del proceso galvánico completo será la comprobación del buen funcionamiento de la instalación completa de acabados, así como la buena ejecución de las diferentes operaciones integrantes del proceso elegido por parte de los operarios que deben ser aleccionados en su sentido de responsabilidad en la tarea, para elaborar acabados de calidad que, al propio tiempo, sean rentables para el industrial galvanotécnico.
2. La forma en que quede la superficie en el pre-tratamiento de la pieza a tratar en los baños, dependerá en gran manera del éxito del tratamiento electrolítico y por tanto, el que se obtengan recubrimientos con las condiciones de adherencia, de tersura o de brillos apetecidos por nosotros. Por ello las operaciones de desengrasado y decapado que participan en este proceso deben tener un control que consiste en la realización de análisis químico cuantitativo de los componentes del mismo. Este análisis debe realizarse por experiencia propia cada 6 meses debido al poseso tiempo de uso.
3. Para poder proceder a un control efectivo del proceso de electrodeposición del metal durante su tratamiento en los baños galvánicos, debemos conocer en líneas generales la teoría de dicho proceso, las etapas del mismo y los factores

que intervienen en la consecución de recubrimientos de buena calidad, al mismo tiempo se deberá conocer la manera de proceder para la realización de un adecuado control de los electrólitos con los cuales se está trabajando y, naturalmente, del utillaje empleado en la obtención de los recubrimientos, así como el modo de llevar el correspondiente sistema de fichas que ayude la aplicación del correspondiente método estadístico de control de calidad. El análisis cuantitativo de dichos baños debe realizarse cada 30 días.

4. En el control de los defectos en los baños electrolíticos, los ejemplos de cátodos de célula Hull que acabamos de exponer hacen referencia a la zona de la placa antedicha y han sido obtenidos en baños de composición determinada y, por lo tanto, deberán ser consideradas como meros ejemplos gráficos, debiendo ser el mismo interesado quien se dedique a obtener placas patrón con cada uno de los baños comerciales que vaya a emplear, con los que obtendrá sin duda alguna una cierta divergencia respecto a las placas que nosotros hemos expuesto.

5. La elección de un ensayo de adherencia dependerá muchas veces de la especificación del usuario o cliente o bien del nivel de fabricación o utilización del artículo, y a veces, por supuesto, de la normativa de control adoptada. Por último,

puede suceder que la norma internacional que uno adopte no especifique ningún ensayo de adherencia concreto; indicará que el recubrimiento debe ser adherente, no debe exfoliarse ni presentar ampollado sobre su superficie, etc., pero sin indicar qué ensayo debe realizarse para asegurar esa calidad.

6. Para medir el espesor del recubrimiento, el método de la disolución química y determinación analítica del mismo, como el método del microscopio metalográfico, son los únicos admitidos para dar testimonio de validez al espesor del recubrimiento en caso de litigio entre el galvanoplasta y su cliente, siendo menos importante la destrucción de la muestra durante el ensayo o el tiempo de duración del mismo. Los otros métodos, pueden ser utilizados ventajosamente en el control habitual de taller, especialmente los no-destructivos.

7. En los ensayos para determinar la porosidad, el más sencillo y apto en talleres galvanotécnicos de tipo medio son los "calorimétricos del ferroxilo". Los métodos electrográficos son rápidos, sensibles y de fácil apreciación, proporcionando al propio tiempo una medida cuantitativa de la porosidad. Los ensayos del agua caliente y del cloruro sólo son ligeramente informativos y los de "inmersión en soluciones galvánicas" sólo se aplican recubrimientos muy concretos, lo mismo que el "ensayo anódico con ácido crómico"

8. En la elección del adecuado ensayo de corrosión hay que considerar que, en general, el ensayo no debe ser de gran violencia, incompatible con las condiciones normales de utilización de metal o del sistema metal-recubrimiento. El ensayo de la niebla salina por su lentitud de ataque no se puede recomendar para recubrimiento de níquel-cromo, a menos que el espesor de capa sea muy pequeño. El ensayo de la niebla salino-acética es más agresivo, se recomienda para recubrimientos de níquel-cromo, una exposición durante 24 horas a 49 C, equivalente a un año de exposición a la intemperie en un clima cálido. El ensayo CORRODKOTE que es muy agresivo, es especialmente apto para estudiar el comportamiento de recubrimientos metálicos de gran espesor (superior a 20 micras). Los restantes ensayos de corrosión son bastantes menos utilizados.

9. En el procedimiento de la medida de la rugosidad el método interferencial posee el inconveniente de necesitar la preparación de la muestra y el seccionamiento de la superficie a examinar, en tanto que el método del ensayo del palpador no posee este inconveniente, siendo, por otra parte más rápido y de un valor cuantitativo mayor, pero posee el inconveniente de dejar un trazo, aunque leve, sobre la superficie de la muestra examinada.

10. Los ensayos de la "medición de la luz reflejada" han sido los más utilizados para la medición del brillo de los

recubrimientos metálicos, por su sencillez la caja triangular es el más popular, pues da una ierta cuantitativa acerca del brillo de los recubrimientos, suficiente para efectos de comparación. Los bacados en la luz difundida si son de gran precisión han hallado una mejor acogida en laboratorios de investigación.

11. Los métodos utilizados para medir la dureza de los recubrimientos metálicos delgados se encuentran con el mismo inconveniente, que emana de la influencia que en la determinación posee la dureza del metal-base subvacente. Por este motivo, las medidas de dureza se acostumbran realizar solamente en recubrimientos metálicos relativamente gruesos. El ensayo Knoop es el procedimiento preferido en los Estados Unidos para la media del espesor de los recubrimientos metálicos obtenido por electrólisis, entre otras razones, por producir una huella plana, de muy fácil acotamiento y medición.

CONSIDERACIONES FINALES

En este trabajo que hemos realizado presentamos, una serie de ensayos que nos permiten conocer con un margen de seguridad la calidad de un recubrimiento metálico, hemos hecho un marcado énfasis en el concepto de calidad control de calidad referidos artículos acabados.

Ahora bien nos referimos explícitamente, a la necesidad que en nuestro país tienen, tanto el proyectista como el consumidor industrial y todos cuantos se hallan relacionados con los recubrimientos electrolíticos, de una Institución Pública, que promueva la calidad de los acabados metálicos, que ayude al industrial y al consumidor último del producto a comprender el verdadero significado del concepto "acabado de calidad" y que establezca la correlación adecuada necesaria entre los diversos "standards" creados y la calidad de acabado que exige la prestación de un servicio satisfactorio. Esperemos pues que aparezca pronto esa Institución Pública, que defienda, al propio tiempo que los derechos del usuario, la calidad de los elaborados del industrial.

CONCLUSIONES

1. Es importante en este tipo de industria contar con un departamento de control de calidad quien se encargará de la prevención de fallas, verificación del proceso de fabricación y la garantía del producto terminado.

2. Antes del inicio de la producción diaria, los controles físicos y químicos como por ejemplo: densidad, temperatura, PH, impurezas, etc. se deben verificar en forma diaria y mantenerlos en los niveles normales.

3. A título de orientación los porcentajes sobre facturación que algunos industriales estiman que como promedios generales responden a la realidad para obtener márgenes de ganancias óptimas:

Mano de Obra	20%
Materiales	35%
Gastos de Taller	7%
Gastos Generales	16%
Beneficio Sobre Facturación	22%

4. Es necesario cada fin de semana una reunión de al menos media hora con todos los operarios cuyo objeto sería la enseñanza de los diferentes fenómenos que se producen durante el proceso; No hay que olvidar que este proceso es manual y el éxito se debe al operario.

5. Cada 30 días es necesario realizar los análisis cuantitativos de las soluciones electrolíticas por el método volumétrico que es el más sencillo de aplicar y de menos costo de implementar en un taller.
6. El control de los baños electrolíticos con la Célula Hull debe realizarse en forma diaria para así evitar y anticiparse fallas durante el proceso, y minimizar el consumo de productos químicos.
7. En los últimos años la pureza de los baños galvánicos se ha convertido en un factor de vital importancia. Este factor se ve afectado por:
 - a. Sales metálicas extrañas, que pueden eliminarse por reacciones químicas o electrólisis selectiva, siendo esta la más efectiva porque no necesita filtrarse.
 - b. Sustancias Orgánicas como: grasas, aceites, humectantes productos de descomposición de abrillantadores orgánicos que se encuentran dentro del baño. Una forma más sencilla y económica de eliminar estas sustancias es por medio de una absorción con carbón activado.
8. Debe de evitarse de corregir los baños electrolíticos en función de los incidentes, ya que por este método primero se producen las fallas para luego corregirlos.

9. El mantenimiento del utillaje debe realizarse una vez al mes, especialmente un sábado y domingo para no interrumpir la producción.

BIBLIOGRAFIA

1. ARBELLODT, L. - "Recubrimientos Electrolíticos" - Barcelona, Cedel - 1970
2. BALASA GUBERT J. - "Iniciación en la Práctica Galvánica" - Barcelona, Cedel - 1965.
3. GABE .R. - "Fundamentos del Tratamiento y Protección de Superficies Metálicas" Madrid, Alhambra - 1975.
4. KRAUSE, HUGO - "Análisis y Control De Baños Y Recubrimientos en Galvanotecnica" - Buenos Aires, Jose Montero - 1962
5. MASSUET, V. "La Célula Hull Para Control De Baños Galvanicos" - Barcelona, Cede - 1967
6. OLLARD, F. A. - "Manual De Recubrimientos Industriales" - Iliffe, 1963
7. RUBNER, DARIO - "Dorado, Plateado, Niquelado, Cromado" - Barcelona, Oeso, 1954
8. SALVADOR, JULVE - "Recubrimientos Electrolíticos Brillantes" Barcelona, Cedel, 1963
9. SUFFERT HUGO R. - "Tratamiento De Metales" - Porto Alegre