



D-10466

668.494
V215
C-2.



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Mecánica

"CROMADO EN PLASTICO ABS"

Tesis de Grado

Previa a la obtención del Título de

INGENIERO MECANICO

Presentado por:

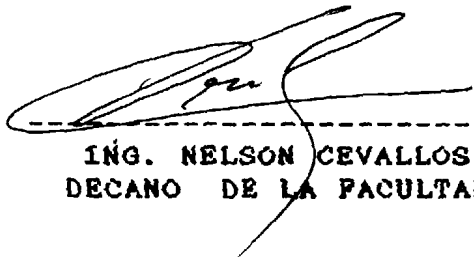
ROBERTO VICENTE VALVERDE HERRERA

Guayaquil - Ecuador

1991

A G R A D E C I M I E N T O

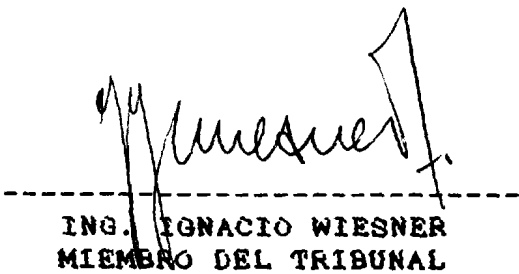
Al ING. ANTONIO VITERI Director
de Tesis, por su ayuda y
colaboración para la realización
de este trabajo.



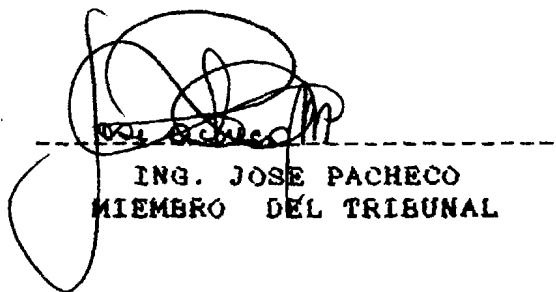
ING. NELSON CEVALLOS
DECANO DE LA FACULTAD



ING. ANTONIO VITERI
DIRECTOR DE TESIS



ING. IGNACIO WIESNER
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



ING. JOSE PACHECO
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DEDICATORIA



A MIS PADRES
A MIS HERMANOS

DECLARACION EXPRESA



BIBLIOTECAS

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta tesis, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL".

(Reglamento de Exámenes y Títulos profesionales de la ESPOL).



Roberto Valverde Herrera

R E S U M E N

Esta tesis, trata sobre el diseño y construcción de una planta piloto de cromado en plástico ABS. En esta experiencia se han desarrollado pruebas experimentales con el fin de estudiar el efecto de la corriente y del voltaje sobre los recubrimientos electrolíticos de cobre, níquel y cromo, y así satisfacer los requerimientos de un recubrimiento ideal.

El material a utilizarse es el plástico ABS. Los ánodos usados son de cobre electrolítico laminado, níquel electrolítico laminado, y plomo. La fuente de la planta piloto tiene una capacidad de 15 voltios y 10 amperios.

Los tipos de recubrimientos que se obtuvieron en los ciclos fueron para fines decorativos exclusivamente, mas no para medios severos de corrosión. Se controló los parámetros: masa, espesor y densidad de corriente sobre los recubrimientos según las regulaciones establecidas por el Instituto Ecuatoriano de Normalización.

Además, se analizó el efecto de la potencia, la densidad de corriente y la eficiencia del proceso sobre el espesor y la calidad de la capa depositada.

INDICE GENERAL

Pag

RESUMEN	
INDICE GENERAL	
INDICE DE FIGURA.....	
INDICE DE TABLAS	
SIMBOLOGIA	
INTRODUCCION	
OBJETIVO	
JUSTIFICACION	
1. RECUBRIMIENTOS METALICOS EN PLASTICOS	
1.1. Generalidades	
1.2. El plástico ABS	
1.3. Condiciones Experimentales	
1.4. Ciclos del Proceso	

2.CICLO DE METALIZADO EN PLASTICOS ABS

- 2.1. Generalidades**
- 2.2. Acondicionador**
- 2.3. Catalizador**
- 2.4. Acelerador**
- 2.5. Niquelado sin Corriente**
- 2.6. Procedimiento del metalizado**

3.CICLO DE CROMADO

- 3.1. Generalidades**
- 3.2. Proceso de Cobreado**
- 3.3. Proceso de Niquelado.....**
- 3.4. Proceso de Cromado**
- 3.5. Factores que afectan la calidad de la elec-
trodeposición.....**

**4.CONSTRUCCION DE UNA PLANTA PILOTO PARA CROMADO EN
PLASTICO ABS**

- 4.1. Elementos Básicos constituyentes**
- 4.2. Diseño y Construcción de componentes y acce-
sorios.....**
- 4.3. Selección de la fuente de poder**

5. PRUEBAS EXPERIMENTALES Y RESULTADOS

- 5.1. Selección del Plástico
- 5.2. Preparación de Probetas
- 5.3. Preparación y control de baños
- 5.4. Control de las etapas del proceso.....
- 5.5. Control de Calidad y Estudio Metalográfico ..
- 5.6. Aplicación en una pieza de uso industrial ..



6. DISCUSION DE RESULTADOS

- 6.1. Conclusiones
- 6.2. Recomendaciones
- 6.3. Apéndices
- 6.4. Bibliografía



I N D I C E D E F I G U R A S

Num.	Descripción	Pag
1	Piezas Cromada en plástico ABS.....	
2	Flamabilidad en plásticos ABS.....	
3	Distribución de la capa electrodepositada en diferentes secciones transversales.....	
4	Baño Acondicionador.....	
5	Baño Catalizador.....	
6	Baño de Niquelado sin corriente.....	
7	Proceso de Cobreado.....	
8	Proceso de Niquelado.....	
9	Proceso de Cromado.....	
10	Efecto de la temperatura en depósitos duros e Níquel.....	
11	Efecto del pH-temperatura-esfuerzo en el Proceso de Niquelado.....	

12	Efecto de la Densidad de Corriente en depósitos de esfuerzo a diferentes concentraciones de aditivo en el Proceso de Niquelado.....
13	Efecto de la Densidad de Corriente en depósitos de Esfuerzo a diferentes temperaturas en el Proceso de Niquelado.....
14	Recipientes o cubas.....
15	Armadura de varillas.....
16	Tipos de Celdas de Plateado.....
17	Agitador Mecánico.....
18	Instalación de Barra Portánodos y Portacátodos...
19	Instalación Eléctrica.....
20	Capa Electrodepositada de Cobre.....
21	Capa Electrodepositada de Cobre-Níquel.....
22	Capa Electrodepositada de Cobre-Níquel-Cromo 226x
23	Capa Electrodepositada de Cobre-Níquel-Cromo 452x
24	Fractura de las Capas Electrodepositadas de Cobre Níquel-Cromo 226x.....
25	Picado y Fractura en las Capas Electrodepositadas de Cobre-Níquel-Cromo 226x.....
26	Variación del Peso Electrodepositado de Cobre con respecto a la Potencia.....
27	Variación de la Eficiencia del Proceso de Cobreado con respecto a la Potencia.....

- 28 Variación de la Eficiencia del Proceso de Cobreado con respecto a la Densidad de Corriente.....
- 29 Variación del Peso Electrodepositado de Níquel con respecto a la potencia.....
- 30 Variación de la Eficiencia del Proceso de Niquelado con respecto a la Potencia.....
- 31 Variación de la Eficiencia del Proceso de Niquelado con respecto a la densidad de corriente.....
- 32 Variación del peso electrodepositado de Cromo con respecto a la Potencia.....
- 33 Variación de la eficiencia del Proceso de Cromado con respecto a la Potencia.....
- 34 Variación de la Eficiencia del Proceso de Cromado con respecto a la Densidad de Corriente.....
- 35 Variación de la Eficiencia del Proceso de Cromado con respecto al espesor.....

INDICE DE TABLAS

Num	Descripción	Pag
1.	Descripción de baños del Ciclo de Metalizado....	
2.	Parámetros del Ciclo de Metalizado.....	
3.	Descripción de baños del Ciclo de Cromado.....	
4.	Parámetros del Ciclo de Cromado.....	
5.	Tabla de datos y resultados.....	
6.	Constantes Químicas y Electroquímicas de los metales.....	
7.	Potenciales Normales de Reducción.....	

SIMBOLOGIA

Area Catódica.....	A (dm ²)
Area Catódica Máxima.....	Amax (dm ²)
Calor.....	Q (cal)
Calor Total.....	Qt (cal)
Calor específico.....	(cal/g-°C)
Carga.....	q (Coulombio)
Densidad.....	d (g/cm ³)
Densidad de Corriente.....	D (amp/dm ²)
Densidad de corriente máxima.....	Dmax (amp/dm ²)
Diferencia de Potencial.....	v (volt)
Equivalente electroquímico.....	E
Espesor de recubrimiento.....	S (μ)
Eficiencia de recubrimiento.....	(%)
Intensidad de Corriente.....	i (Amp)
Intensidad máxima de corriente.....	i max (Amp)
Masa.....	m (g)
Masa de metal depositado.....	G (g)
Peso sin recubrimiento.....	G _o (g)
Peso con recubrimiento.....	G (g)
Potencia.....	P (vatios)

I N T R O D U C C I O N

En la actualidad se utilizan técnicas para recubrir, ya sea por vía electroquímica o química, sobre superficies metálicas o metalizadas respectivamente. Esto abarca el campo de la GALVANOTECNIA, que se la puede estudiar separadamente:

- 1.- La Galvanostegia
- 2.- La Galvanoplastia

La Galvanostegia, estudia los recubrimientos metálicos obtenidos por vía electrolítica sobre objetos metálicos. La capa metálica que se deposita es muy delgada, pero con gran adherencia y protege eficazmente al metal base.

La Galvanoplastia, estudia la fabricación o reproducción de objetos plásticos por medio de la precipitación metálica electrolítica sobre una superficie previamente metalizada, obteniéndose un revestimiento de mayor espesor que el de la galvanostegia. Al inicio, la práctica galvanostégica tenía como fin modificar la superficie de los objetos, dándoles mejor aspecto, el objetivo actual que se persigue es aumentar, mediante el revestimiento metálico precipitado la



BIBLIOTECA



solidéz del metal más endeble que sirve de base, dándole mayor resistencia frente a agentes mecánicos y climáticos. Existen muchas piezas que sirven más adecuadamente cuando las propiedades de un metal y no-metal (plástico o cerámica) son combinados. En este caso la pieza generalmente manufacturada de un material no-conductor y el metal añadido a la superficie sirve para dar propiedades metálicas específicas.

Ejemplos típicos:

1. La flexibilidad y apariencia que se puede lograr con una gruesa capa de cobre depositada sobre un collar de mujer hecho de un material no conductor.
2. Para la conductividad eléctrica en un circuito impreso donde una delgada capa de Cobre sobre un no conductor, que pueden ser plásticos o cerámicas, sirven como cables en un circuito electrónico.
3. Para usos estéticos en piezas con apariencia metálica, como en el metalizado de botones, manijas de puertas, seguros de puertas, aplicaciones

automotrices, juguetes, etc. hechos a base de material plástico.

Entre otros materiales no-conductores los cuales han sido metalizados están el óxido de aluminio, óxido de berilio, vidrio, madera, cera, caucho, silicón, Fenólicos, Urea, melamina, láminas de vidrio, poliacetatos, epóxicos, polietilenos, polipropilenos, acrílicos, fluorcarbonos, polisulfones, polifenílicos, óxidos, nylon, cloruro de polivinil y otros.

Hay que considerar mucho al acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS) y Polipropileno (PP) como plásticos base para el metalizado, que son usados mucho por sus excelentes propiedades y resultados. Estos plásticos tienen excelentes propiedades químicas, que se pueden mantener conservando la pieza cuidadosamente limpia, removiendo todas las impurezas con sus respectivos neutralizadores, acondicionadores y sensibilizadores de la superficie.

OBJETIVOS

El Objetivo del presente trabajo es determinar la influencia de la electrodeposición en el acabado superficial.

Determinar la variación de la densidad de corriente y de sus propiedades.

Incentivar en el Laboratorio de Metalurgia de la ESPOL el estudio del campo de la galvanostegia y galvanoplastia en general, como también en el estudio de recubrimientos metálicos.

Dotar e implementar una planta piloto de Cromado en plástico ABS.

JUSTIFICACION

En la actualidad, en nuestro país la electrodeposición en superficies plásticas metalizadas no ha tenido desarrollo, para lo cual este trabajo de tesis ayudará a mejorar la tecnología nacional. Actualmente la pequeña industria ha tomado gran auge, lo cual es beneficioso a un gran número de personas que viven de ella. El Cromado en Plástico, aplicado en un proceso en serie, puede ser utilizado en la pequeña industria como se lo va a demostrar en este trabajo, implementando la construcción de una planta piloto en la Facultad de Ingeniería Mecánica. Este tipo de electrodeposición, tiene grandes ventajas para ser difundido en la industria nacional; ya que las industrias de plástico tienen en la actualidad mucha experiencia en moldeo e incluso ya se ha estado trabajando con el plástico ABS. Los ácidos y bases a utilizarse se pueden encontrar en gran parte en el mercado nacional. La utilización de voltajes bajos es muy beneficioso ya que es fácil encontrar un rectificador para rangos bajos de voltaje. Los usos más inmediatos en la industria nacional podrían ser: perillas y maniguetas para electrodomésticos y sanitarios, accesorios automotrices, sanitarios, bisutería, grifería, etc. Tomando

en cuenta los puntos indicados de facilidad tecnológica y variedad de aplicación del proceso, la construcción de una pequeña planta piloto para enseñar y desarrollar el proceso es ampliamente justificado.

C A P I T U L O 1

RECUBRIMIENTOS METALICOS EN PLASTICOS

1.1. GENERALIDADES

Es importante notar que 8'000.000 de libras de plástico fueron recubiertas metálicamente en USA en 1967, de las cuales el 95% fue de plástico ABS. En pruebas realizadas basadas en la experiencia acumulada, para la producción, el plástico que tiene mejores propiedades para ser recubierto es el ABS. Se han estudiado nuevas fronteras para usos de ABS y Polipropileno bajo pruebas de corrosión acelerada. Los resultados son bastante prometedores y se reflejan en el notable incremento en los últimos años en aplicaciones marinas. Una de sus propiedades más apreciadas es la adhesión metal-plástico de entre 5 y 15 psi, además el proceso es relativamente simple y puede ser operado continuamente. El plástico ABS ha demostrado ser muy

apropiado para la producción en serie completamente automatizada (ocupando así un lugar exclusivo). Comparando entre Zinc fundido a presión y plástico ABS , el diseño del ABS siempre reduce considerablemente los costos.

Es importante considerar su habilidad de producir superficies limpias y con mejor acabado que en los metales, según se muestra en la FIGURA 1. No obstante este notable detalle, hay algunas dudas en aplicaciones automotrices para el ABS (adornos exteriores), esto está basado principalmente en 3 consideraciones:

1. Piezas grandes de ABS como son parrillas, tapacubos, etc que son difíciles para moldear sin esfuerzos residuales. Piezas de ABS con esfuerzos pueden ser debido a surcos, reventado o levantado de la capa metálica bajo variaciones extremas cuando se encuentre en servicio.
2. Es necesario superar los requerimientos térmicos exigidos por los compuestos de Ni. La presencia de Cu en la composición del recubrimiento de Níquel, siempre resulta en productos de corrosión coloreada cuando las partes son expuestas a la interperie y la composición del electroplateado contenga poros

microscópicos o microfisuras de Cromo.

3. El ABS tiene una relativa alta tendencia por captar humedad, la absorción de humedad esta siempre acompañada por alguna hinchazón localizada, la cual puede afectar las propiedades mecánicas de la parte plástica recubierta. El reventado de la electrodeposición en ABS se cree que es debido en parte por la absorción de humedad.

• *Bright Chrome*

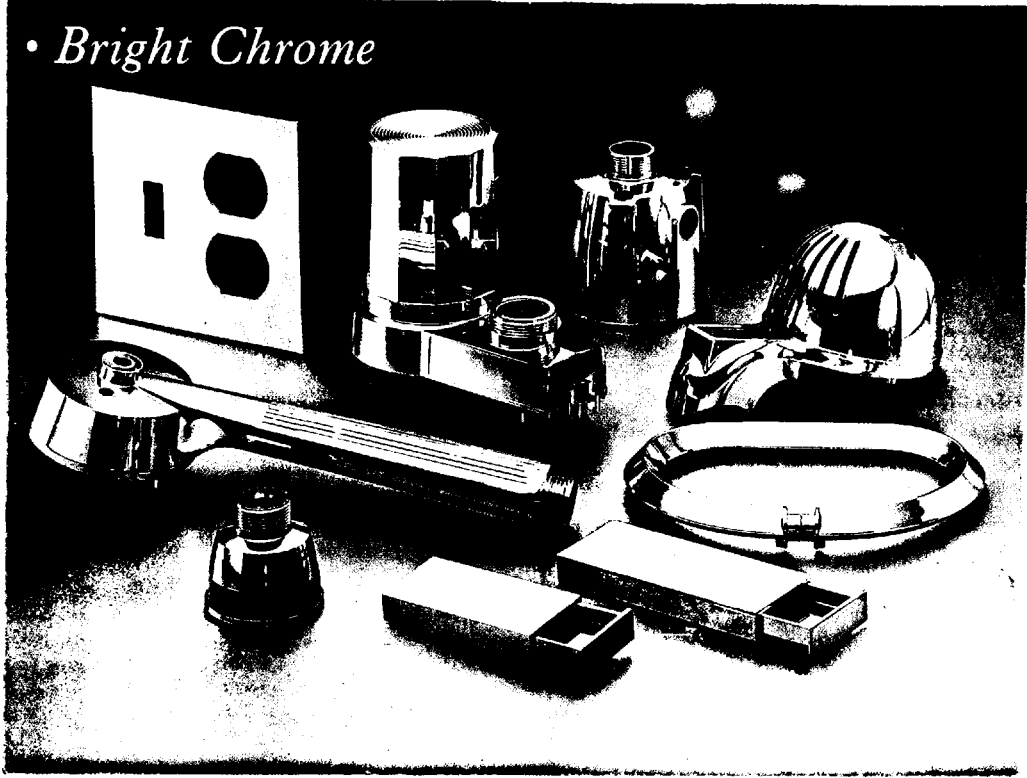


FIGURA 1. PIEZAS CROMADAS EN PLASTICO ABS

1.2. El plástico ABS

ABS es el nombre dado a una única familia de polímeros ingenieriles. Su nombre se deriva de las iniciales de sus componentes que son A por Acrilonitrilo, B por Butadieno, y S por Estireno (Stiren). El sistema de los 3 monómeros puede ser medido por los productos finales variando los porcentajes en los que son combinados. El Acrilonitrilo contribuye a la estabilidad del calor, resistencia química y resistencia al envejecimiento. El Butadieno juega un papel importante en la resistencia al esfuerzo mecánico, y el Estireno añade brillo y rigidez. El ABS es el más popular de todos los plásticos plateados en la actualidad. La mayor parte de los plásticos ABS son baratos, fáciles de moldear y de platear. El ABS se hace conductor por pintura, recubrimiento sin corriente, metizado al vacío, y recubrimiento por arco/llama. La característica de interés para los diseñadores es que retarda la llama, tiene resistencia al calor, transparencia, acabado de gran brillo, y se lo puede usar como espuma. El plástico ABS se usa como pelletizado coloreado especialmente de colores encendidos, color estándar y en forma de polvo para alearlo con otros polímeros como son PVC o policarbonato.

Comunmente hay 3 tecnologías de producción: Emulsión, suspensión y polimerización masiva, combinando estos 3 métodos es posible obtener un producto con un balance óptimo de propiedades. Materiales ABS tienen relativamente buenas propiedades de aislamiento eléctrico las cuales lo hacen útil para aplicaciones secundarias de aislamiento. El ABS puede ser procesado por todas las técnicas comunes para termoplásticos, y es ligeramente higroscópico y seca de 2 a 4 horas a temperaturas de 82 a 93 C. Se recomienda deshumidificación con aire seco.

El gran mercado del ABS ha sido en tubos y cañerías, particularmente en drenajes, desagues y ventilación. En conductores y componentes eléctricos aumentado sus aplicaciones en los últimos años. La línea automotriz y las aplicaciones domésticas abarcan el 30% del consumo del ABS. Este tipo de plástico tiene una amplia gama de aplicaciones que van desde máquinas comerciales de oficina hasta líneas de refrigeradoras y parrillas cromadas.

Incorporando aditivos halogenados o mezclando con PVC se logra características retardadoras de llama. Los aditivos halogenados pueden ser bromuros, cloruro o una

mezcla de ellos. Usualmente el compuesto halógeno es acompañado con un segundo aditivo (sinérgico) para mejorar la retardancia de la llama. La retardancia de la llama tiene varios grados de normalización para la inflamabilidad, como son los de Under Writer Laboratories. FIGURA 2.

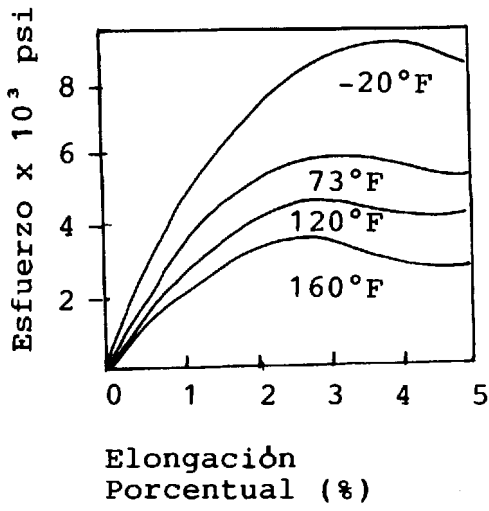


FIGURA 2. FLAMABILIDAD EN PLASTICOS ABS

1.3. CONDICIONES EXPERIMENTALES

El proceso de cromado de plástico esta afectado por algunos factores que deben tomarse en consideración en un trabajo experimental, como son:

- 1.- Agitación de las soluciones
- 2.- Temperatura de las soluciones
- 3.- Densidad de Corriente
- 4.- Concentración de las Soluciones
- 5.- Disposición de las piezas en las cubas

A continuación se detallarán cada uno de estos factores:

1.- AGITACIÓN

La agitación de la solución produce un suministro fresco de sales o de iones metálicos al cátodo (pieza a cromarse), barre las burbujas gaseosas que pueden ocasionar cráteres , ademas mezcla la solución e impide la estratificación de soluciones más pesadas que van al fondo de la cuba. El resultado neto de la agitación, es el que permite utilizar una densidad de corriente más alta con el propósito de producir un depósito con una estructura excelente, sin perturbaciones mayores, además contribuye a una mayor difusión de los iones metálicos, facilitando la homogenización del

baño.

La agitación es posible produciría por varios métodos como son: bombas, mediante un chorro de aire, con la utilización de un agitador mecánico, por movimientos relativos horizontales, verticales o rotatorios del cátodo o del ánodo, etc. Al realizarse la agitación por movimiento relativo del cátodo y de la solución ésta deberá ser igual cuando menos a 3 m/min y de preferencia aun mayores.

La agitación mediante aire es utilizado muy ampliamente hoy en día, en especial en baños de cobreado.

Cuando se tiene agitación rápida, se presenta el problema de desprendimiento de partículas del ánodo, al mismo tiempo que se agitan también las partes sedimentadas del fondo de la cuba, ocasionando depósitos porosos y rugosos. En tales casos, se suele emplear bolsas anódicas.

2.- TEMPERATURA

Un incremento de la temperatura ocasiona un aumento del tamaño de los cristales. Es así que en

depósitos de cobre estos cambios estructurales de los cristales ocasionan una disminución en la resistencia a la tensión, debido a que el depósito es mas blando y ofreciendo además menos resistencia a la abrasión. Un aumento de temperatura en el baño de níquel afecta directamente en la dureza de la superficie como también en el brillo.

Los depósitos tersos y de grado fino, se producen frecuentemente mediante soluciones calentadas intencionalmente, en virtud que temperaturas altas y densidades de corriente elevada son beneficiosas dentro de cierto rango. Cuando el aumento de temperatura no va acompañado del aumento de la densidad de corriente, el efecto de ésta se traduce en un aumento del tamaño de los cristales como consecuencias de la disminución de la polarización; es decir, la densidad de corriente elevada contraresta el efecto de las altas temperaturas.

Las temperaturas elevadas, proporcionan una mayor solubilidad y disociación de la sal metálica, lo que a su vez provee de una conductividad más alta de la solución

Alta temperatura incrementa la movilidad de los iones metálicos y disminuye la viscosidad de la

solución, así que la película catódica se reaprovisiona más rápidamente, lo cual reduce la tendencia a la formación de estructuras arborescentes e incrementa también la densidad de corriente obtenida a partir de un voltaje dado.

Otra ventaja de las temperaturas elevadas es que hay generalmente menos absorción de hidrógeno por los depósitos y menos tendencia a producir fisuras.

3.- DENSIDAD DE CORRIENTE

Para obtener un depósito uniforme, es necesario que la densidad de corriente sea constante. Al incrementar la densidad de corriente hasta cierto límite, se aumenta la velocidad de electrodeposición, incrementando por lo tanto la tasa de producción de una unidad dada, sin embargo, cuando la densidad de corriente excede el valor límite de trabajo, esto es, la densidad crítica, se presenta una marcada tendencia en la producción de depósitos rugosos, frágiles y mal adheridos.

Un incremento posterior en la densidad de corriente proporcionara inclusive depósitos esponjosos o quemados, como consecuencia de una generación

excesiva de hidrógeno que se fija sobre la superficie a cobrear, dificultando la adherencia de la película de cobre.

Además no se produce en el ánodo el desprendimiento de metal con la celeridad necesaria o produciéndose la pasivación del ánodo, lo que origina una disminución en la concentración del baño. Si ocurriera lo contrario, esto es una densidad de corriente excesivamente débil, se retardaría el proceso de recubrimiento y además lo haría en forma irregular, perdiendo así uniformidad y brillo.

4.- CONCENTRACION DE LAS SOLUCIONES

En virtud de que los metales pueden depositarse solamente a partir de sus propias sales, concentraciones altas favorecen al proceso.

Al emplear soluciones fuertes, obtenemos las siguientes ventajas:

- 1.- Una conductividad mayor
- 2.- Una más alta densidad de corriente
- 3.- Una eficiencia del baño más elevada

Por otra parte, tenemos ciertas desventajas como son:

- 1.- Costo más alto para la preparación de los baños.
- 2.- La tendencia de cristalización sobre las paredes del tanque y los electrodos.
- 3.- Probable descenso en la eficiencia anódica.

En la práctica, se utilizan concentraciones intermedias, pero la tendencia actual es la de emplear soluciones lo más concentradas posibles. Un incremento en la concentración del metal bajo condiciones dadas disminuye la polarización catódica e incrementa el tamaño de los cristales. En general, la composición más conveniente de una solución - electrolítica 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 a los que desaparecen de la película líquida catódica durante la electrólisis. Cuanto más pequeña sea la concentración de iones metálicos dentro de ciertos límites, tanto más



BIBLIOTECA



fino será el grado del depósito ya que aumentará la polarización catódica, y además, más uniforme ya que aumentará la difusión, además se mejora la potencia del depósito.

Densidad de corriente elevada puede utilizarse con soluciones más concentradas, al igual que con altas temperaturas.

El uso de soluciones muy conductoras de la corriente eléctrica es enormemente ventajoso ya que se obtienen recubrimientos más brillantes y menos rugosos. Debido a que los iones hidrógeno están cargado positivamente, en la electrólisis emigrarán hacia el cátodo en donde se descargarán formando gas hidrógeno. Por tal razón es importante conocer y controlar la concentración de iones hidrógeno, en especial en baños casi neutros. Dicho control se realiza midiendo el valor del ph correspondiendo la neutralidad para un ph de 7, soluciones con ph superior a 7 son alcalinas, en tanto que ph inferiores a 7 son ácidos.

5.- DISPOSICIÓN DE LAS PIEZAS EN LAS CUBAS

Con el fin de obtener un recubrimiento uniformemente distribuido, se debe tener cuidado al colocar las piezas en el baño buscando la manera más adecuada para tal efecto.

Se ubica la pieza en forma que quede dentro del flujo electrogalvánico y equidistante de los electrodos, asegurándose su completa inmersión en el baño.

La ubicación de las piezas huecas debe ser tal que en ningún caso puedan retener burbujas de aire o gas en el electrolito.

Además, cuando el objeto presenta partes salientes estas se encontrarán más próximas al ánodo, acortándose el camino para el recorrido de la corriente con relación al resto del objeto, disminuyendo de esta forma la resistencia permitiendo el paso de una mayor cantidad de corriente, concentrándose por lo tanto en bordes y aristas produciéndose una mayor cantidad de metal depositado, obteniéndose depósitos irregulares como se muestra en la FIGURA 3.

La pieza esta sujeta al polo negativo del rectificador por medio de la raqueta; y el conjunto de raquetas forman los llamados paneles. Hay que

considerar que el diseño de los paneles y raquetas dependen mucho de la manera en que se encuentran dispuestos los ánodos y por lo tanto del acabado final de la pieza, para lo cual es necesario controlar metalográficamente la capa electrodepositada. Es importante considerar la forma y tamaño de las cubas. (APENDICE C)

1.4. CICLOS DEL PROCESO

Existen 2 ciclos que son: METALIZADO Y CROMADO.

METALIZADO

El propósito del metalizado es depositar una capa de metal sobre la superficie ya que el plástico ABS no es conductor de corriente.

El Metalizado o también llamado pre-plateado o plateado sin corriente consta de 5 pasos básicos que son:

- 1.- ACONDICIONADOR
- 2.- PRECIPITADOR
- 3.- CATALIZADOR
- 4.- ACELERADOR
- 5.- NIQUELADO SIN CORRIENTE

Después de cada paso deben usarse enjuagues adecuados para evitar la contaminación de los baños.

CICLO DE CROMADO

Que también se lo conoce como Electroplateado, porque utilizamos corriente continua D.C. Este ciclo es semejante al que se utiliza con los metales, a diferencia de pequeñas variantes en sus parámetros como son temperatura, tiempo de inmersión, cantidad de amperios y concentración de las soluciones. Este ciclo consta de 3 procesos que son:

- 1.- PROCESO DE COBREADO
- 2.- PROCESO DE NIQUELADO
- 3.- PROCESO DE CROMADO

C A P I T U L O 2

CICLO DE METALIZADO EN PLASTICOS ABS

2.1. GENERALIDADES

El Metalizado en Plástico ABS desempeña un papel tan importante en el acabado final de la pieza, que de éste dependen principalmente las fallas en las piezas, para lo cual se debe tener mucho cuidado al aplicar los métodos a utilizarse. El ciclo se describe brevemente a continuación: Todo el material que va a ser sometido al plateado tiene que entrar a una solución llamada ACONDICIONADORA o "ataque" de la superficie plástica con el fin de sacarle el Butano y hacer porosa la superficie plástica, esta porosidad se la puede ver en un microscopio de gran aumento. También es necesario considerar el porcentaje de acrílico que tiene el plástico en el ataque. Una vez enjuagada la pieza pasamos al siguiente baño llamado PRECIPITADOR que quita las impurezas que quedan del proceso anterior,

luego enjuagamos la pieza y continuamos con el siguiente baño llamado CATALIZADOR o premetalizado es decir que se añade una capa de paladio para que se adhiera el metalizado definitivo de níquel. luego enjuagamos la pieza para pasar al ACELERADOR que elimina todo el estaño. y así de esta manera se adhiera el metalizado final. luego se enjuaga la pieza para pasar al NIQUELADO SIN CORRIENTE, que es el metalizado final de Níquel y de esta manera el plástico se ha hecho conductor. A continuación explicaremos más detalladamente como actúan estas soluciones.

2.2. ACONDICIONADOR

La solución puede ser de Acido Crómico o una combinación con ácido Sulfúrico. Aunque las composiciones químicas varían al calentarias (por evaporación), para esto se añaden espumas mantenedoras para que aumenten la tensión superficial del baño. Un factor determinante de la actividad del baño es remover el butadieno de la probeta plástica. El propósito del acondicionador o ataque como es a veces llamado, es hacer que la superficie del ABS se haga porosa para que se deposite el catalizador a base de Paladio.

El procedimiento comienza en los tanques con ácido crómico y ácido sulfúrico, esta reacción exotérmica de éstos ácidos nos muestra que tan peligrosos son y como hay que protegerse de ellos, por lo cual esta cuba esta forrada con fibra de vidrio. Estos 2 ácidos remueven el butadieno. También tiene pequeñas cantidades de ácido fosfórico el cual limpia la pieza de cualquier impureza metálica que pueda tener. Es necesario añadir pequeñas cantidades de ácido fluobórico, dependiendo de la cantidad de acrílico que tenga el plástico. Es necesario notar que no todos los plásticos ABS tiene una misma cantidad de acrílico. Una vez que las piezas

han salido del acondicionador pasan por 3 procedimientos de enjuague para sacarle todo el Cromo que tiene la pieza y el cromo que haya absorbido el plástico, luego de estos 3 o 4 enjuagues con agua se lo sumerge en un baño llamado PRECIPITADOR. FIGURA 4.

2.3. PRECIPITADOR

Este baño precipita todo el cromo que tengan las piezas, continuando con el procedimiento de Metalizado. Es necesario mantener una temperatura de 49°C. para que se active la solución

2.4. CATALIZADOR

Su formulación generalmente está basada en combinación de Paladio - Estaño, el tiempo de proceso es de 2 o 3 minutos. El Estaño se codeposita con el Paladio actuando en conjunto, ver FIGURA 5. La composición embeliecedora de Paladio requiere de cloruro de estaño para mantenerse con el Paladio en una solución. Esta precipitación de Pa solo dura un período. El control de la acidez del catalizador es un factor importante porque gobierna la actividad del baño, una gran acidez

afectan al niquelado sin corriente que son:

- A.- Velocidad de deposición
- B.- Control de calidad y operación

VELOCIDAD DE DEPOSICION

- a. Velocidad química del baño embellecedor.
- b. Temperaturas altas del baño aumentan la velocidad de depósitos y viceversa.
- c. A mayor porosidad en el plástico, mejor acabado tendrán los siguientes procesos de premetalizado y metalizado.

CONTROL DE CALIDAD Y OPERACION

1.-Mantener la temperatura del baño, porque a elevadas temperaturas se produce un cambio en la reacción con las siguientes características:

- Excesiva pérdida de Amonio
- Cambio inmediato de ph
- Burbujeo (gas)

- Cambio químico inmediato (velocidad)

2.-Partes sumergidas deben ser cubiertas completamente con Ni en 20 segundos , un tiempo menor generalmente significa que esta muy activo. Mucho tiempo indica que la velocidad de deposición es baja.

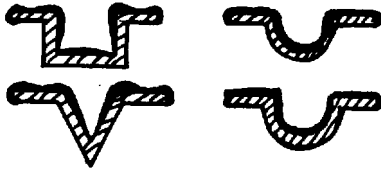
3.-Debe haber un mínimo burbujeo, porque si existe una baja temperatura o un desbalance químico de la velocidad de los baños nos da como resultado: una baja velocidad de deposición, sin embargo esto produce depósitos suaves, pero con la posibilidad de que algunas áreas no sean cubiertas completamente (depósitos finos), y puedan descascararse las superficies.

4.-Este baño contiene: Cloruro de Ni, Hipofosfito de Sodio, Citrato de Sodio y Cloruro de Amonio, este último se lo usa para bajar el ph. también se utiliza el Hidróxido de amonio (amoniac) para levantar el ph (8.7 - 9) que es el rango ideal para trabajar.

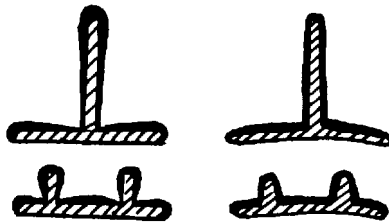
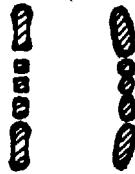
DISEÑO

Original Sugerido

Protuberancias



Letras y Figuras



Angulos



Planos

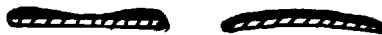


FIGURA 3. Distribución de la capa electrodepositada en diferentes formas geométricas.

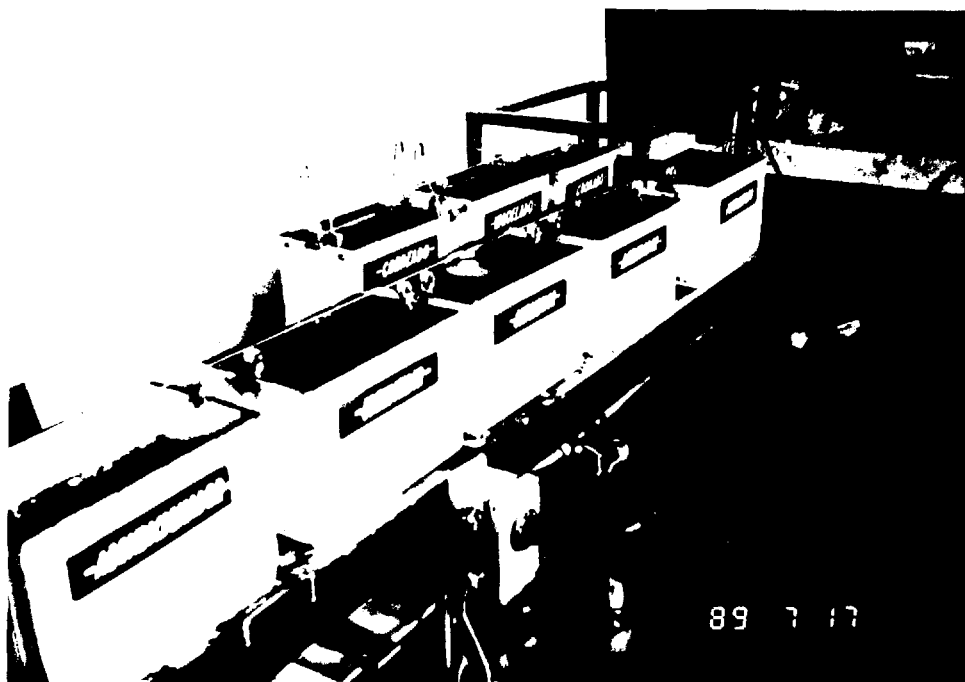


FIGURA 4. BANO ACONDICIONADOR



FIGURA 5. BANO CATALIZADOR

TABLA 1
DESCRIPCION DE BAÑOS
DEL CICLO DE METALIZADO

ACONDICIONADOR	Ac Crómico	3.55 lb/gal
	Ac Sulfúrico	15.8 oz/gal
	Ac Fosfórico	3.55 ml/gal
PRECIPITADOR	Ac Clorhídrico.....	474 ml/lt
CATALIZADOR	Cloruro de Paladio.....	20 gr/gal
	Ac Clorhídrico.....	200 ml/gal
	Cloruro de Sodio.....	2 lb/gal
	Cloruro de Estaño.....	2 lb/gal
ACELERADOR	Ac Fluobórico.....	5.2 oz/gal
NIQUELADO SIN	Cloruro de Níquel	4.41 oz/gal
CORRIENTE	Hipofosfito de Sodio.....	7.1 oz/gal
	Citrato de Sodio.....	11-12 oz/gal

TABLA 2

PARAMETROS DEL CICLO DE METALIZADO

	<u>TIEMPO</u> (min)	<u>TEMPERATURA</u> (C)	<u>ENJUAGUES</u> (N)	<u>AGITACION</u>
ACONDICIONADOR	5 - 7	60 - 63	3 - 4	aire
PRECIPITADOR	5	27	2	aire
CATALIZADOR	5 - 7	27	2	mecánica
ACELERADOR	3 - 5	49	2 - 3	aire
NIQUELADO SIN CORRIENTE	5 - 7	26 - 27	1	mecánica

C A P Í T U L O 3

CICLO DE CROMADO

3.1. GENERALIDADES

Este Ciclo de Cromado o ciclo de electrodeposición, tiene ciertas ventajas como son: La facilidad de manejo en procesos industriales en serie y la uniformidad de la electrodeposición. También existen ciertas desventajas como son: La capa muy delgada de metalizado, la cual es muy delicada, no soporta corrientes elevadas porque puede levantarse el metalizado, los contactos con las raquetas pueden ocasionar chispas o sulfatado lo que ocasiona falta de contacto eléctrico entre las raquetas y el metalizado. Existe un baño intermedio entre estos 2 ciclos del metalizado y el de electroplateado llamado también Níquel agitado, el cual tiene un papel muy importante para los diversos tipos de Níquel que por sí mismo se utilizarse por lo cual merece su consideración. El

NIQUEL AGITADO: Esta solución se formula de acuerdo con el tipo de Níquel a utilizarse, como son el Sulfato de Níquel, cloruro de Níquel y ácido bórico en cantidades diversas. Estas soluciones son usadas sin agentes aditivos los cuales podrían acarrear un esfuerzo de fluencia, y depósitos dúctiles.

La idea del Ni agitado es minimizar o prevenir estallidos cuando se deposita esta capa sobre la del metalizado, y mejorando el flujo de corriente en la superficie recubierta del plástico y así poder continuar con el próximo procedimiento que utiliza corriente un poco alta. Este estallido ocurre cuando esta pequeña capa es demasiado delgada para soportar el paso de una corriente alta y se rompe, similar como un fusible eléctrico. Es indispensable contactos buenos entre las conexiones del sistema. Este baño trabaja a una temperatura de 52 - 55 ° C.

Este níquel agitado no lo hemos utilizado en nuestra práctica debido a que nuestras muestras son para uso exclusivamente decorativos y no van a estar expuestos a medios excesivamente corrosivos, tampoco se trabajara con valores altos de corriente. Para tener una idea clara de los principios de electrolíticos ver APENDICE D. El ciclo de cromado o ciclo electroiítico tiene 3

tipos de baños los cuales corresponden a 3 tipos de Procesos que son: Proceso de Cobreado, Proceso de Niquelado, y Proceso de Cromado.

3.2. PROCESO DE COBREADO

Este Proceso a base de Acido Sulfúrico y Sulfato de Cobre es el tipo de baño más comunmente usado por su afinidad para el cobreado en plástico. El rango de corriente es de 3.228 a 6.456 amp/dm², el cual se considera alto si se compara con la baja corriente usada para el Niquelado. El Tiempo de Cobreado es de 18 minutos para depositar 12.7 a 17.8 Micras de metal, a 3.228 amp/dm², y a 1.5 volt aproximadamente. El Cobre electrolítico se usa para superficies más suave y en algunos casos para cubrir irregularidades de la superficie del plástico. La temperatura de trabajo es de 27°F. FIGURA 7.

3.3. PROCESO DE NIQUELADO o Niquelado Brillante.

Se utilizan las mismas bases químicas como en la

formulación del Níquel agitado, sin embargo, las concentraciones varían y sus propiedades de adición de agentes son usadas para abrillantar y nivelar el metal de Níquel. Estos depósitos son duros y quebradizos, entonces, no es recomendable para cubrir imperfecciones del plástico. Este baño trabaja a temperatura de 26 - 27 °C. La función básica del depósito del Níquel brillo es para que tenga un color profundamente brillante en los procesos subsecuentes como son Cromado, Dorado Latón, y bronce. Para el Cromado, el Níquel brillo es esencial debido a su receptividad para el cromo. El Oro, latón y bronce (con acabado reluciente) requiere un Ni brillo como intermediario, porque el Ni actúa como una capa barrera, entonces el plateado resplandeciente no disuelve el Cobreado ni pierde su distintivo color, adicionalmente, esto retarda la mancha si está o no laqueada la pieza. FIGURA 8.

3.4. CROMADO ELECTROLITICO

En la formulación utiliza como base al ácido crómico para reemplazar el metal Cromo, y el Sulfato que conteniendo químicos cataliza la actividad del baño. Este catalizador de Cromo es usualmente pre-mezclado

con el Acido Crómico y se lo vende al cliente como un embellecedor. La gran ventaja de usar este preparado "embellecedor" es la alta eficiencia operativa obtenida de ajustes automáticos del Sulfato al Crómico. La temperatura de Trabajo es de 46 °C. Con facilidad mantiene el color blanco - azulado indefinidamente. Esta capa de Cromo es dura y tiene una excelente durabilidad para partes que las requieren como en la interperie. Nuevas técnicas de Cromado electroiítico fueron desarrolladas en el pasado algunos años satisficieron manufacturas automotrices, las cuales requieren alta eficiencia y longevidad de un metal electroplateado, especialmente si es en plástico ABS.

FIGURA 9.

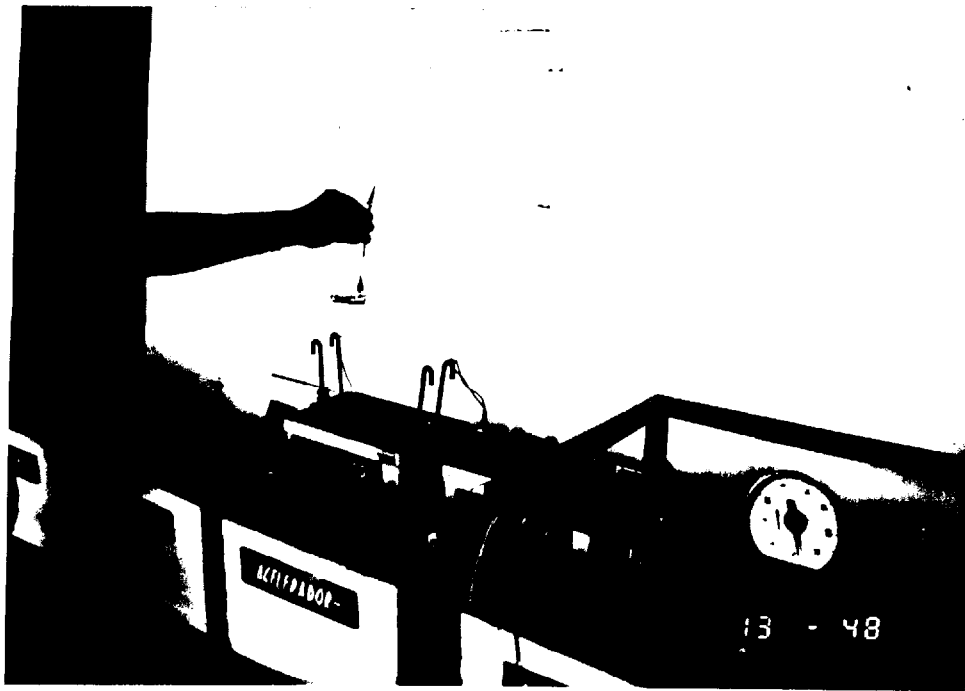


FIGURA 7. PROCESO DE COBREADO

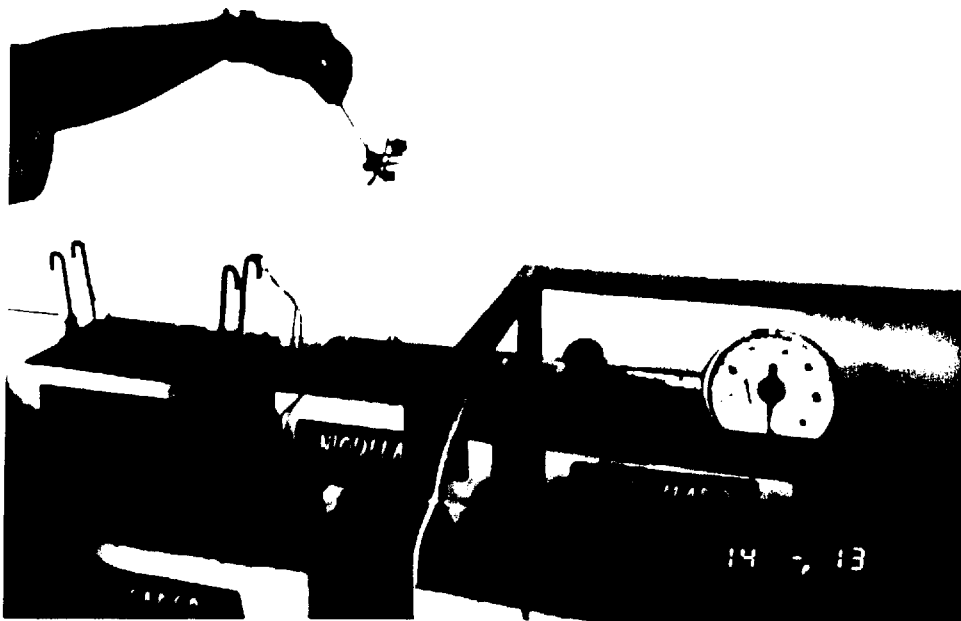


FIGURA 8. PROCESO DE NIQUELADO

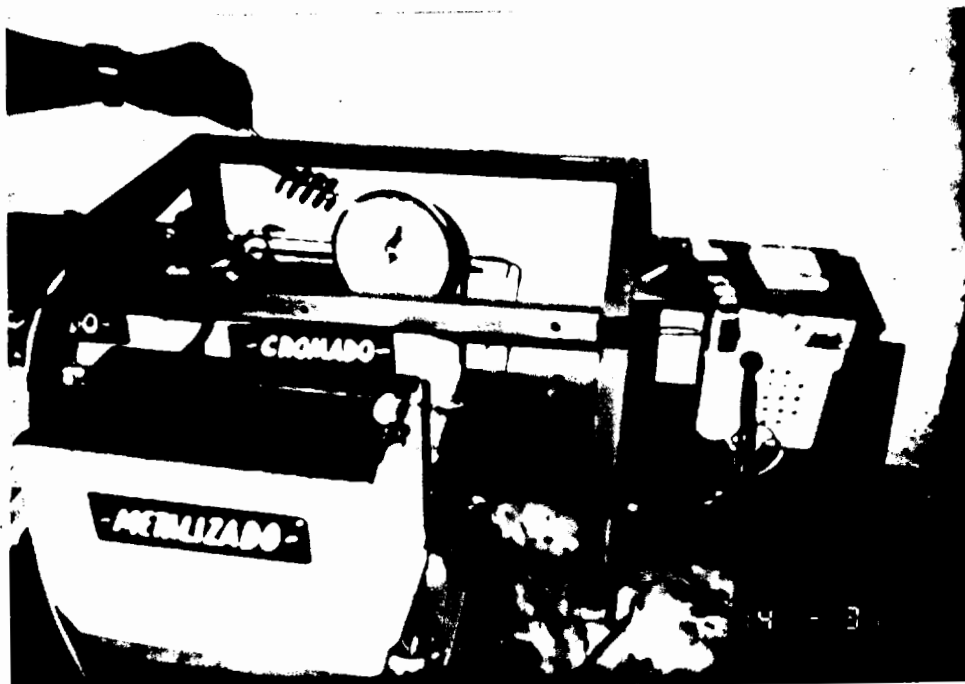


FIGURA 9. PROCESO DE CROMADO



TABLA 3
DESCRIPCION DE BAÑOS DEL
CILLO DE CROMADO

COBREADO	Sulfato de Cobre.....	22 oz/gal
	Acido Sulfúrico.....	10 oz/gal
NIQUELADO	Sulfato de Níquel.....	40 oz/gal
	Cloruro de Níquel.....	12 oz/gal
	Acido Bórico.....	6 oz/gal
CROMADO	Ac. Crómico.....	30.6 oz/gal

TABLA 4
PARAMETROS DEL CICLO DE
CROMADO

	<u>TEMPERATURA</u> (C)	<u>ENJUAGUE</u> (N)	<u>AGITACION</u>
COBREADO	27	2 - 3	aire
NIQUELADO	26	3 - 4	mecánica
CROMADO	46	2 - 3	aire

3.5. FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD DE LA ELECTRODEPOSICIÓN

Cuando se trata de hallar la mejor calidad en piezas de plástico ABS electroplateado, debemos considerar algunos factores, que afectan la calidad final como son:

- A.- Diseño de molde e inyección de molde del ABS
- B.- Ciclo de pre-plateado
- C.- Ciclo del Electroplateado.

A.- Importancia del diseño de la pieza moldeada.

Para este tipo de plástico es preferible utilizar moldes metálicos debido a su longevidad en operación eficiente, y obtener así excelentes acabados en la pieza plástica moldeada. El acabado por plateado nos ayuda no solamente a mejorar la apariencia estética de la pieza sino que también se eliminan defectos en la superficie plástica. A continuación detallaremos los factores más importantes de la pieza plástica moldeada:

Tamaño de la pieza

Es necesario evitar superficies grandes y planas, tratando de obtener superficies plásticas curvadas, para evitar la distorsión térmica, que se puede presentar en los baños con temperaturas de hasta 66°C.

Material

No es conveniente moldear piezas de reciclado porque causan interferencia con los ciclos de preplateado. Es correcto utilizar un porcentaje del 25% o menos de material molido reciclado y un 75% de material virgen ABS, para obtener así resultados satisfactorios. En el moldeo hay que considerar la parte donde va a estar sujeta la raqueta, de manera que no se pique la superficie plástica.

Acabado Superficial

La formulación de las resinas ABS a usarse para electroplateado ha sido compuesta específicamente para ser uniformemente dispersadas con una predeterminada cantidad de Butadieno en la mezcla ABS. Esta mezcla apropiada es necesaria, porque el Butadieno (caucho)

puede ser removido uniformemente por la oxidación, en el tanque del Acondicionador durante el ciclo de pre-plateado. El brillo del Niquelado sin corriente y cobreado depende de la porosidad del plástico, para obtener así la máxima adhesión en la interfase, entre los poros minuto de la superficie plástica. Es necesario redondear las partes picadas o graneadas de la superficie plástica para obtener así un excelente acabado superficial.

Espesor

Cuando diseñamos una parte nueva plástica para electroplateado, generalmente se trata de proporcionar el mínimo espesor de pared de 0.9 mm, porque a valores menores los problemas de distorsión serían evidentes.

B.- Ciclo de pre-plateado

Es necesario mantener los parámetros operacionales y control químico de los baños porque cualquier variación afectaría directamente al metalizado y por lo tanto al ciclo de electroplateado.

C.- Ciclo de Electroplateado

1. Cobreado

En el cobreado debemos mantener los parámetros recomendados por las normas establecidas. Además hay que considerar los contaminantes que puedan tener, filtrandó con carbón activado de acuerdo a los contaminantes que se encuentren en la solución.

2. Niquelado

En el niquelado los efectos son más graves que en el cobreado, debido que tiene muchos factores que intervienen para mantener la calidad de la electrodeposición.

a. Sulfato de Níquel.

Debe mantenerse la concentración de la solución, si se la aumenta se electrodeposita rápidamente, y por lo tanto se puede trabajar con densidades altas de corriente, y viceversa.

b. Cloruro de Níquel.

Lo que hace es mantener el metal níquel y el ph en la solución, y también minimiza cualquier oxidación en los ánodos. por lo tanto debe mantenerse en la concentración apropiada.

c. Acido Bórico

Es necesario mantener la concentración adecuada porque este ácido limpia y pule la capa de níquel depositada en el cátodo.

d. Efecto de la temperatura en depósitos duros de Níquel

Para nuestras pruebas casi no hay variaciones de dureza en el níquel, pero si utilizamos aditivos para aumentar la dureza obtendremos valores grandes de dureza, como se demuestra a continuación en el siguiente gráfico. FIGURA 10.

e. Efecto del ph y temperatura en el esfuerzo del Níquel

El ph y la temperatura pueden causar cambios grandes en los esfuerzos de tensión en el recubrimiento de níquel, lo cual puede causar resquebrajamientos y rajaduras de las capas. En la siguiente FIGURA 11 podremos observar que el ph causa cambios más graves en el esfuerzo que los cambios que pueda causar la temperatura.

f. Efecto de la densidad de corriente en depósitos con esfuerzo en el Níquel

Esto nos indica como el esfuerzo disminuye para densidades de corriente relativamente bajas en soluciones sin aditivos. FIGURA 12.

g. Efecto de la densidad de corriente en depósitos duros de Níquel

Para nuestra práctica no tenemos aumentos considerables de dureza. En la FIGURA 13 podemos observar como varía la dureza con

respecto a la temperatura, a diferentes valores de Densidad de Corriente.

h. Aislamiento de los Anodos en el Proceso de Cromado

En el Cromado existe el mayor problema que es el cuidado de los ánodos los cuales tienden a cubrirse con una capa chocolatada que se seca y actúa como aislante y detiene el proceso de electrodeposición, para esto es necesario utilizar ánodos de Pb enrollados, y limpiarlos frecuentemente con un cepillo con cerdas metálicas. Es necesario utilizar espumas mantenedora para que aumenten la tensión superficial de la solución y así evitar la evaporación rápida del baño. Es necesario controlar la adición de ácido sulfúrico y carbonato de bario para que la pieza tome su color amarillento o blanco-azulado respectivamente.

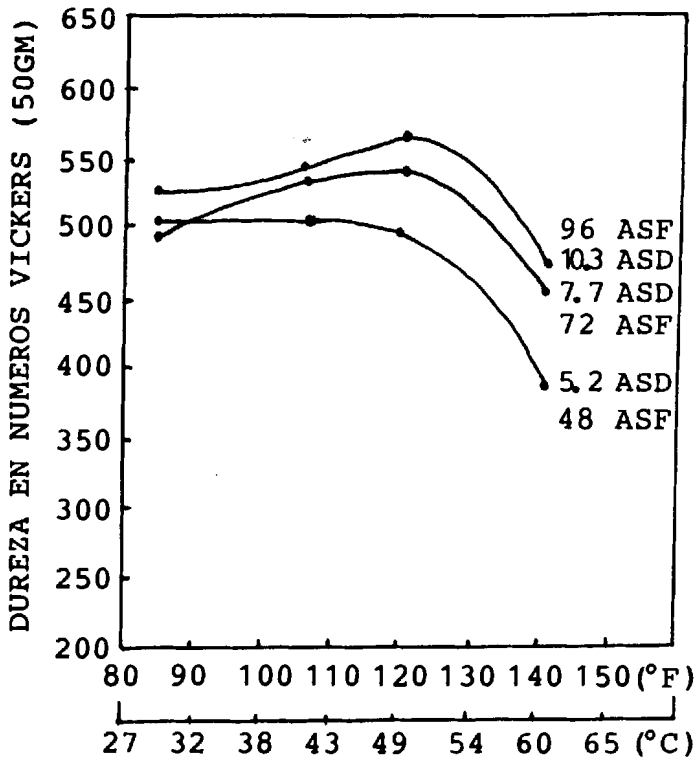


FIGURA 10. Efecto de la Temperatura en depósitos duros

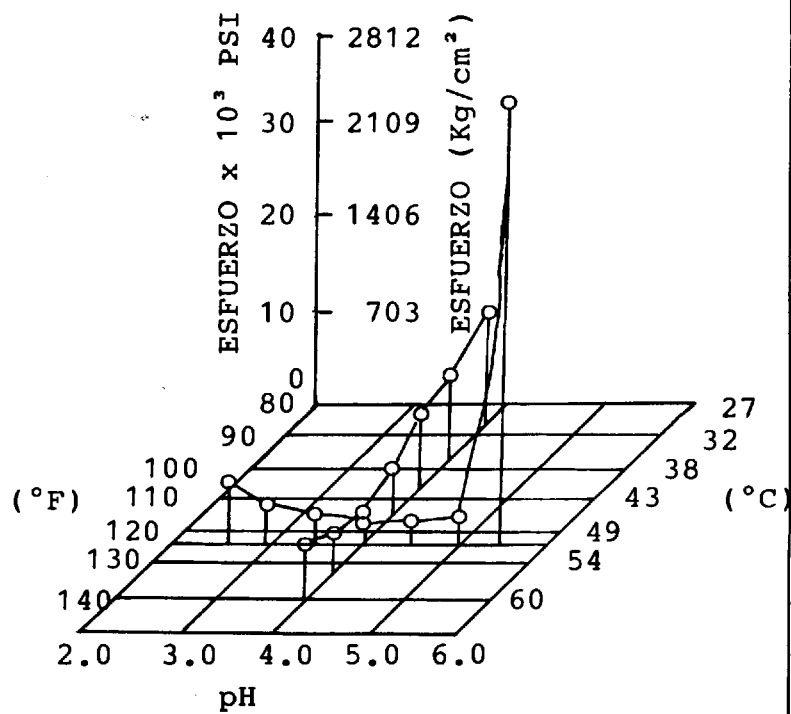


FIGURA 11. Efecto del pH y la temperatura en el esfuerzo

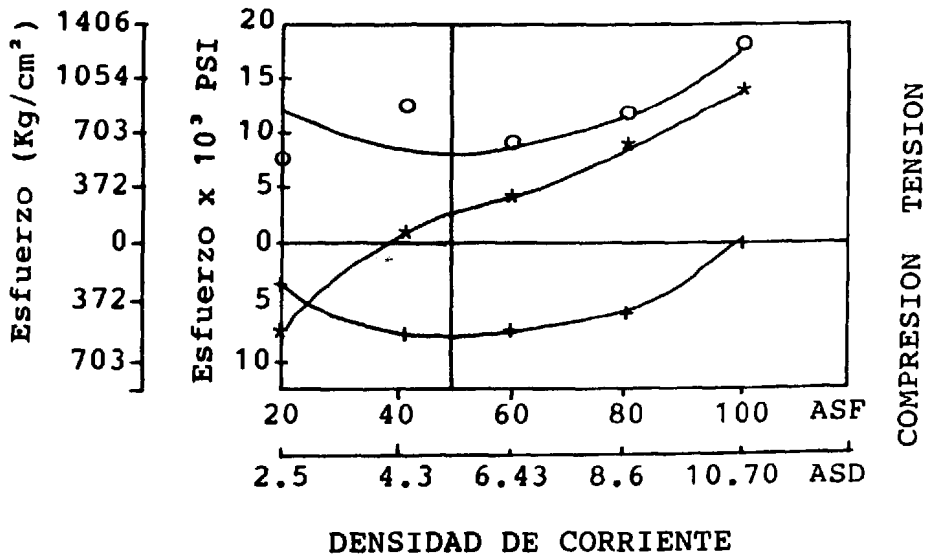


FIGURA 12. Efecto de la Densidad de Corriente en depósitos de Esfuerzo a diferentes Concentraciones de aditivo. Diferentes concentraciones de Aditivo SN-1

o = No SN-1

* = 3.8 gr/lt

+ = 11.3 gr/lt

T = 100°F (38°C)

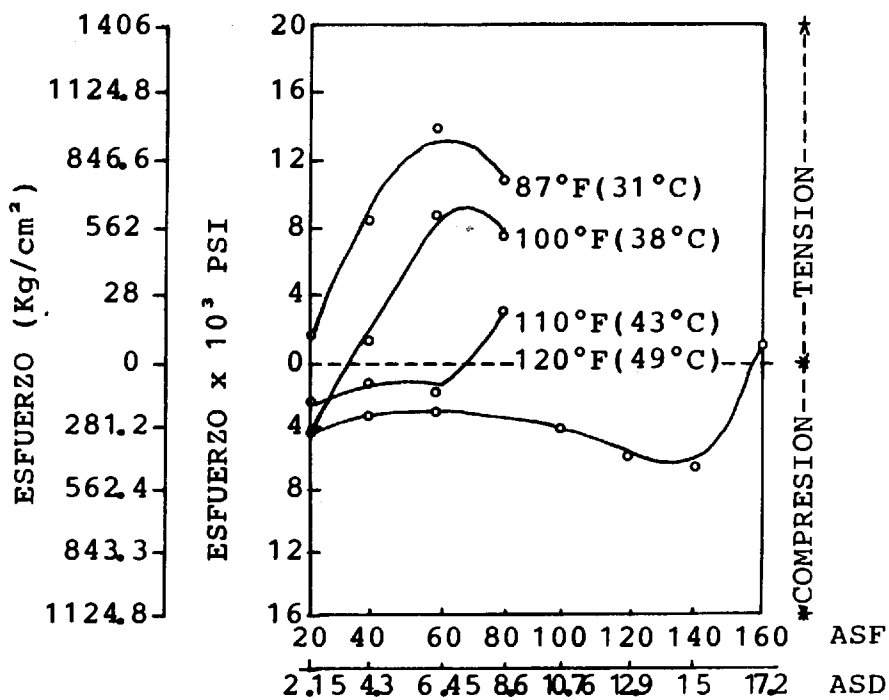


FIGURA 13. Efecto de la Densidad de Corriente en depósitos de Esfuerzo a diferentes temperaturas en el Proceso de Niquelado.

CAPITULO 4

CONSTRUCCION DE UNA PLANTA PILOTO PARA CROMADO EN PLASTICO

ABS

4.1. ELEMENTOS BASICOS CONSTITUYENTES

El Laboratorio de Metalurgia de la Facultad de Ingeniería Mecánica no había desarrollado todavía un equipo para cromar en plásticos, por lo cual se hizo necesario construir una planta piloto y así desarrollar las pruebas experimentales requeridas en esta tesis.

Esta planta usa un rectificador de poca capacidad, pero suficiente para realizar esta experiencia, ya que se podrán variar los valores de amperaje y voltaje, así podremos trabajar hasta con 8 probetas montadas en un conjunto, con un total de 1 dm^2 de superficie. Es decir que podrá trabajar con valores de intensidad de corriente que van de 0.0269 a 10.76 Amp/dm^2 .

En esta planta se podrán realizar trabajos de metaizado, cobreado, niquelado y cromado, utilizando los parámetros requeridos para cada ciclo, este proceso

utilizaré cubas de brea con fibra de vidrio, de iguales dimensiones.

La Planta Piloto de metalizado, cobreado, niquelado y cromado esta compuesto por los siguientes elementos y accesorios:

1. CUBAS O RECIPIENTES

Son los recipientes que alojaran a los distintos baños galvánicos y de enjuague como en la FIGURA 14. En la construcción de esta planta piloto hemos considerado, la utilización de envases o cubas de baterías automotrices por su resistencia a la acción de los ácidos y bases a utilizarse en esta experiencia. Las cubas se disponen de manera lineal para poder seguir una secuencia ordenada del proceso. También hemos utilizado otras cubas (secundarias) las cuales se utilizan para el enjuague de las piezas las cuales no revisten mucha importancia.

Datos a utilizarse:

Dimensión de las cubas: Longitud = 30 cm

Anchura = 17 cm

Profundidad = 20 cm

Espesor = 0,6 cm

Material de las cubas: BREA y FIBRA DE VIDRIO.

2. CABLEADO (Instalación Eléctrica)

En la instalación del cableado hemos utilizado cable AWG 14, para el paso de la corriente con los diferentes valores de amperaje que va a resistir tanto en la instalación de los ánodos como de las piezas, y del agitador.

En la FIGURA 15 mostramos la instalación eléctrica del sistema en general

3. BARRA PORTA ANODOS Y RAQUETA (Instalación)

En la instalación de la BARRA PORTA ANODOS; utilizamos cañerías de acero para que solamente en las 3 cubas de electroplateado sea utilizado debido a que es el único proceso a utilizar corriente D.C.

Los ánodos a usarse son:

Proceso de Cobreado: Anodo de Cobre laminado

Proceso de Niquelado: Anodo de Níquel

Proceso de Cromado: Anodo de Plomo

En la instalación de la RAQUETA: que es la que sujeta la pieza a platear utilizamos varillas de

acero y a la vez se agite mecánicamente con un sistema de biela-manivela que le da un movimiento alternativo a la pieza, esta raqueta se utiliza también en lugares donde se va a utilizar corriente es decir en el electroplateado. En la FIGURA 15 mostramos la instalación de este mecanismo.

4. ANODOS

Si estoy restringido a un tipo de celda de plateado, debería escoger la celda rectangular A como en la FIGURA 16. la celda es métrica (L), esta acepta un panel comercial de 12,7 cm o panel Hull, y puede usarse como una celda de plateado.

La geometría de una caja rectangular es usada para confinar el ánodo y el cátodo para diferentes pruebas, como en las celdas A, C, E, F y G (FIGURA 16)

El patrón de la siguiente corriente esta limitado por el confinamiento de las paredes de la caja, la posición del Cátodo, y usualmente por la posición del ánodo.

5. ACCESORIOS

Los accesorios a utilizarse son sujetadores, legartos, terminales, varillas tornillos.

mangueras, neopros, cilindro de aire comprimido, sujetadores, y pernos.

6. CALENTADORES

La termocupia del calentador tipo cristal de cuarzo, con un rango permisible de 21 a 63°C , debe ser puesta en la solución para que no se quemé el fusible, y se controle la temperatura deseada.

7. TERMOCUPLAS

La termocupia se instalaron en la esquina opuesta de donde se encuentran instalados los calentadores. La temperatura sera controlada regularmente durante los procesos de metalizado y cromado.

8. TRANSFORMADOR RECTIFICADOR

El cual lo tenemos en el laboratorio y cuenta con amperímetro y voltímetro incorporados, para poder realizar variaciones de voltaje y corriente.

9. AGITADOR MECANICO

Funciona a bajas revoluciones de manera que no se desequilibre la armadura del sistema. Este

agitador funciona con 110 voltios y c.a. ver

FIGURA 17.



FIGURA 14. RECIPIENTES O CUBAS

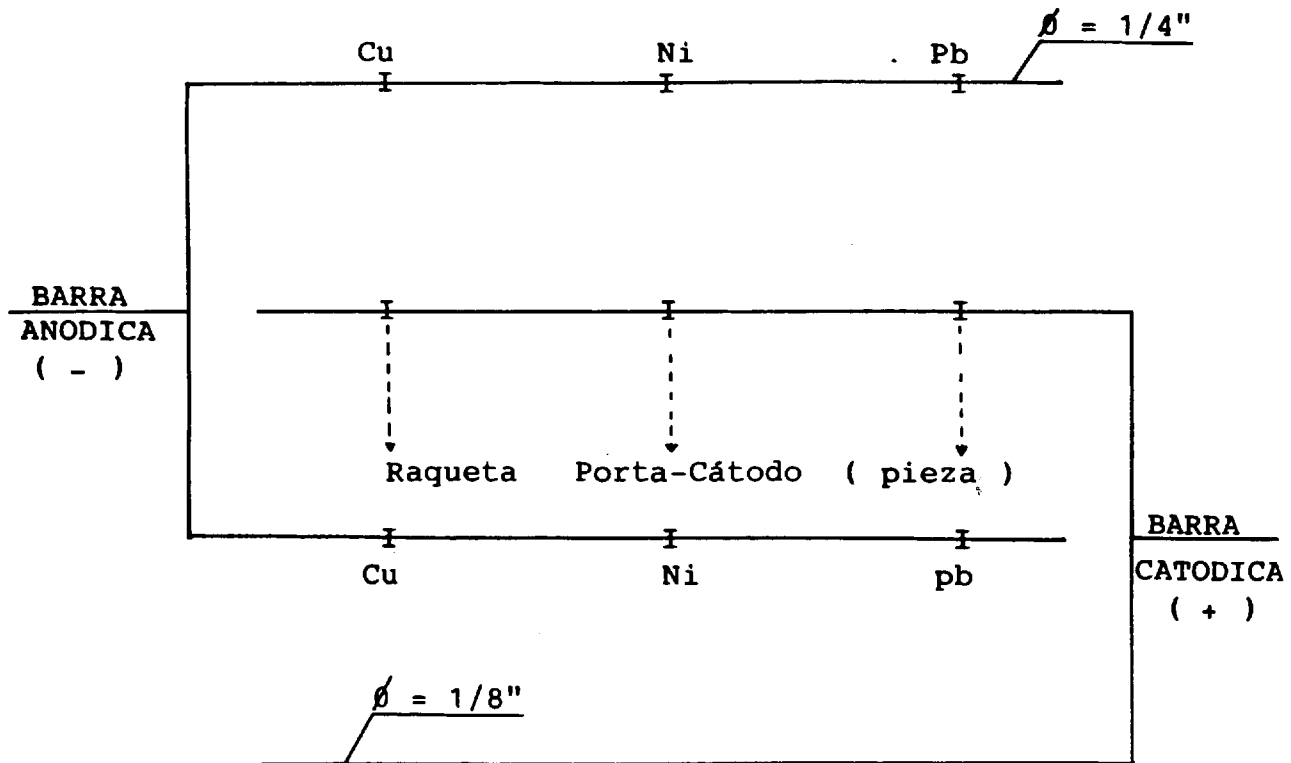


FIGURA N^o 15

ARMADURA DE VARILLAS

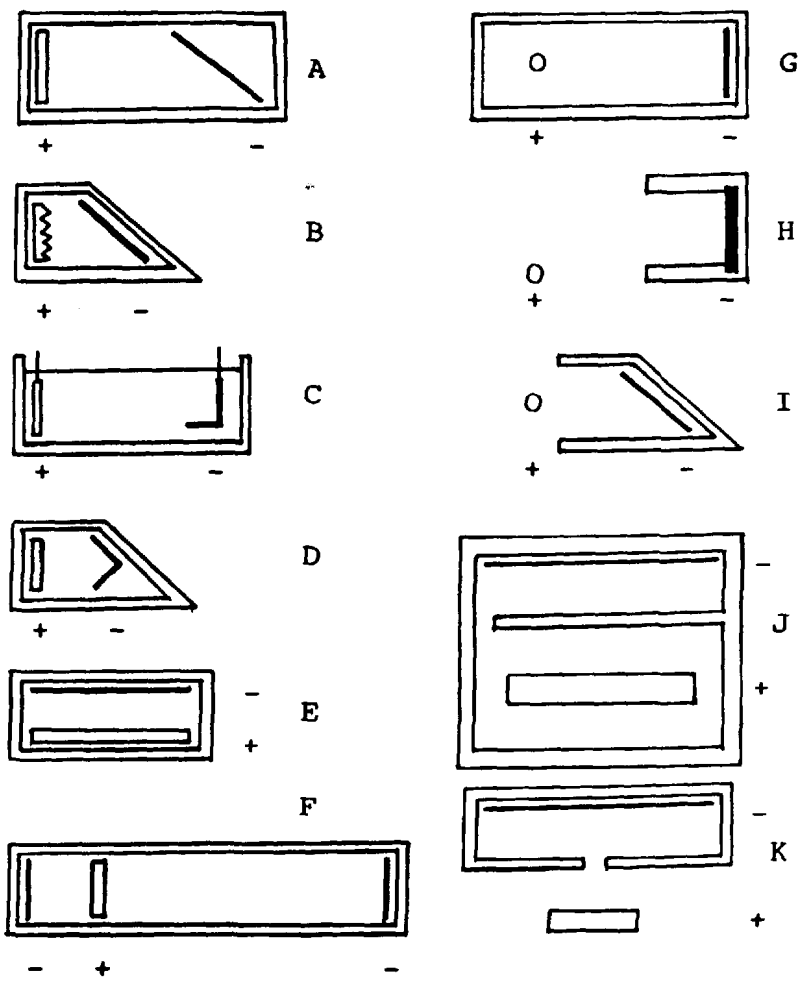


FIGURA 16. Tipos de Celda de Plateado

4.2. DISEÑO Y CONSTRUCCION DE COMPONENTES Y ACCESORIOS

En el diseño de la planta se considera principalmente la disposición de cada uno de sus componentes es decir:

1. Se limpian las cubas de proceso con agua y jabón, y luego se las raspa con cuchillo.
2. Dos de las ocho cubas se las forra con una capa de fibra de vidrio.
3. A una cuba forrada de fibra de vidrio y 2 cubas de brea se le hacen 2 perforaciones de $3/8$ " equidistantes y centrados en la parte superior, para que penetre la barra porta ánodos, La distancia al borde superior de las cubas es de 0.5 cm como se muestra en la FIGURA 18.

4. Se le colocan sujetadores del mecanismo de agitación en cada cuba. Los sujetadores constan de un soporte y una polea plástica para que se deslice alternativamente la pieza en la solución. Cada cuba tiene 2 sujetadores.
5. Se colocan en paralelo las 5 cubas de metalizado y las 3 cubas de electrodeposición.
6. Se arman las varillas de bronce de $1/8$ " x 1 m con sus uniones cilíndricas, como se muestra en la FIGURA 15. Luego se conecta con el agitador.
7. Se arman las raquetas siguiendo el siguiente procedimiento: se suelda con estaño los 2 lagartos con la varilla de bronce de $1/8$ " x 4 ".
8. Se cuelgan los ánodos sobre las varillas porta ánodos como se muestra en la FIGURA 18. Se utilizan varillas de bronce de $1/8$ " para colgar los ánodos.
9. Se colocan los calentadores y termocupias opuestos con cada esquina de la cuba. FIGURA 16.

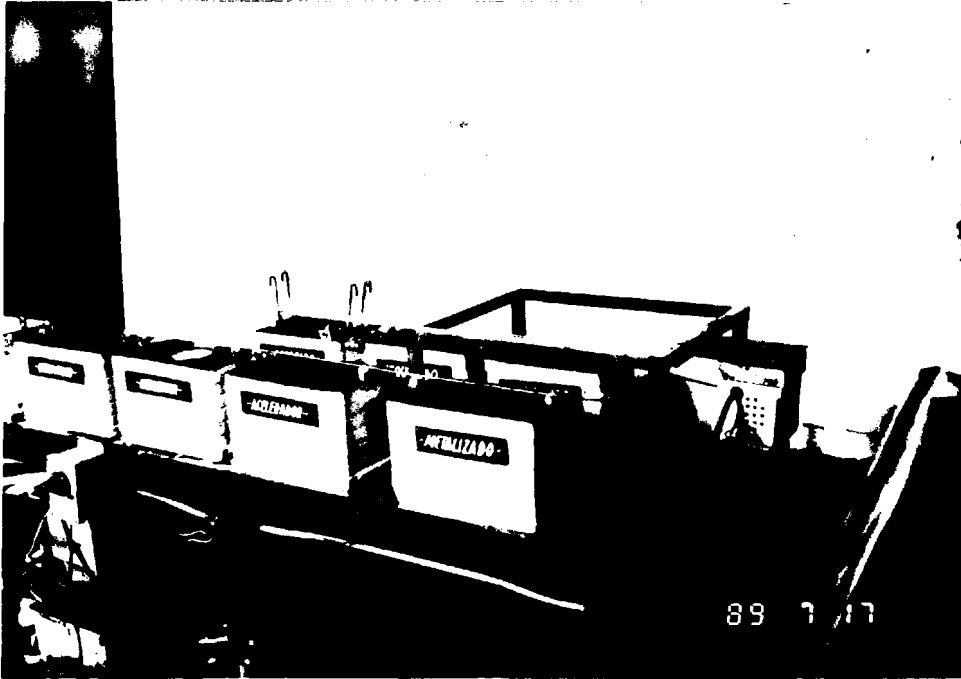


FIGURA 17. AGITADOR MECANICO

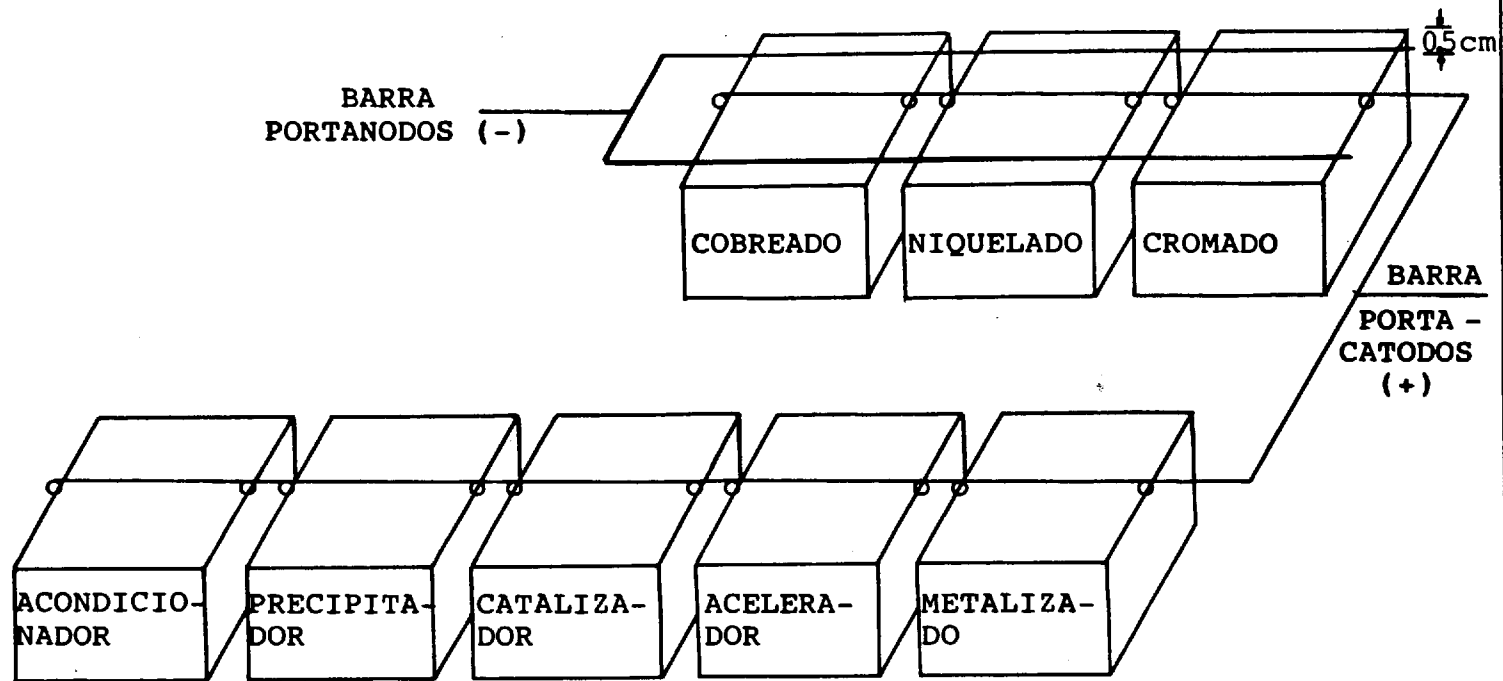


FIGURA N° 18 INSTALACION DE BARRA PORTANODOS Y PORTACATODOS

10. Se conecta la instalación eléctrica con el
rectificador.

11. Para evitar que se evaporen los químicos es
necesario taparlos con plástico.

A continuación se describen detalladamente a cada uno
de sus componentes y accesorios.

1.- MESA PORTA CUBAS

En esta pequeña planta piloto de recubrimientos, se utilizara una mesa de madera de dimensiones 3 m x 1 m x 1 m, la cual brinda el suficiente apoyo para tal propósito, la cual debe cumplir las siguientes características:

1. Que sea lo suficientemente fija de ta manera que preste la seguridad necesaria, evitando las salpicaduras de los baños con el menor movimiento.
2. La superficie de trabajo esta protegida de la acción corrosiva de los ácidos
3. Puesto que la estructura de la mesa es de madera, por lo tanto aisla cualquier fuga eléctrica.
4. Brindan la comodidad necesaria al operador, de tal manera que el trabajo puede desarrollarse en el orden secuencial apropiado; así también, permita realizar la limpieza rápida y eficazmente.

5. Sus dimensiones son adecuadas, permitiendo el cambio o retiro de alguna cuba en caso de ser necesario.

2.- RECIPIENTE

Por recipiente o cuba se denomina al receptáculo que contiene la solución salina. Sus dimensiones son 30 cm x 17 cm x 20 cm y un espesor de 0.6 cm.

En este trabajo se emplearon 2 cubas de brea con fibra de vidrio y 6 cubas de brea, que cumplan los siguientes requisitos:

1. Resistencia al ataque químico de los baños electrolíticos.
2. No contamine dichos baños.
3. Resista altas temperaturas, y
4. Aísle la corriente eléctrica.

El espesor de dichas cubas es de 0.5 cm de fibra de

vidrio y 0,6 cm de brea y su estructura es lo suficientemente resistente a pequeños esfuerzos mecánicos ejercidos por su propio peso. Deben presentar facilidades para su limpieza y transporte.

Las cubas de fibra de vidrio empleadas presentan ventajas frente a las de chapa de hierro o acero ya que no necesitan ser recubiertas de otro material adicional, aumentando el costo de estas.

Las cubas de plástico si bien aíslan la corriente eléctrica, no resisten mayormente la acción química de las soluciones alcalinas empleadas en el trabajo.

Como se mencionó anteriormente, el enjuague de la pieza, se lo llevará a efecto antes y después de cada baño para evitar la contaminación de estos. Como cubas de enjuague, en el presente trabajo se utilizarán recipientes de brea con 6 divisiones cada uno, los mismos que contendrán agua natural, realizándose esta etapa con agitación manual.

3.- ARMADURA DE CONDUCCION

Se la usa para conducir la corriente eléctrica

desde el transformador-rectificador a las cubas donde se va a realizar la electrólisis.

Tanto las 5 cubas de metalizado como las 3 cubas de electrodeposición están dispuestas en serie, y sobre estas se coloca la armadura de conducción, la misma que está compuesta de varillas de cobre $\frac{1}{16}$ " dispuestas paralelamente, la primera constituye la barra catódica, ya que de ésta se suspenden los cátodos, mientras que la segunda constituye la barra anódica de la cual se suspenderán los ánodos. Para asegurar una buena distribución de la corriente, cada barra catódica (A) va intercalada entre 2 barras anódicas (B). Las barras anódicas, se unirán mediante una barra perpendicular (C), como se muestra en la FIGURA 19.

4.- RAQUETAS

Son las llamadas bastidores contactores, ya que de ellas dependen el contacto entre las barras conductoras y las piezas a platear.

Las raquetas son hechas de bronce soldadas en sus extremos con sujetadores uno de aluminio (que sujeta la pieza), y otro de acero (que esta en

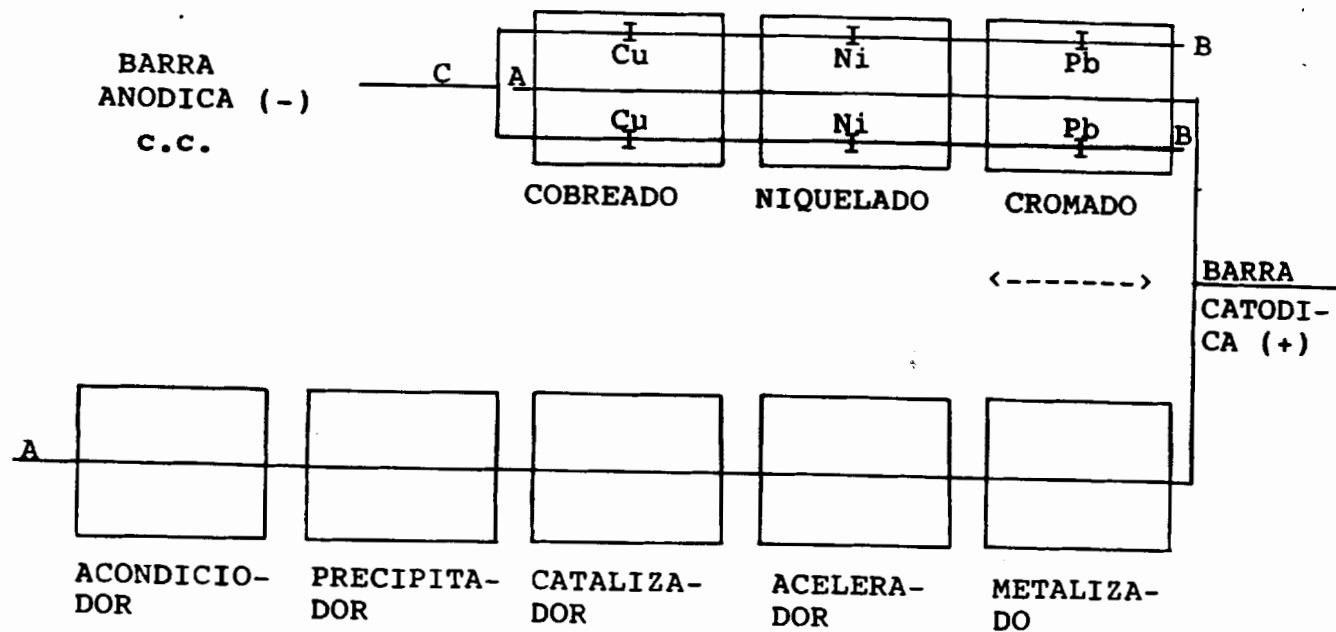


FIGURA N° 19. INSTALACION ELECTRICA

contacto con la barra porta cátodo).

Es necesario limpiar periódicamente las raquetas, garantizando así un contacto bueno, y evitando la caída de óxidos en el baño.

Al diseñar los ánodos se tomó en consideración los siguientes factores:

Tamaño, forma y peso de las piezas a recubrir

1. Disposición de las piezas con relación a los ánodos
2. Facilidad para el montaje y desmontaje de las piezas
3. Clase de baño a emplearse
4. Capacidad del contacto eléctrico
5. Distancia de la barra catódica a la superficie del baño.

Para nuestra experiencia utilizamos varillas de bronce de 2 mm de diámetro, que fueron utilizadas

tanto para suspender los ánodos como para suspender los cátodos, como se muestra en la FIGURA 15.

5.- ANODOS

Debido a que se llegará a trabajar con grupo de probetas de hasta 1 dm cuadrado, las dimensiones de los ánodos deben abarcar la superficie de dichas probetas; es decir:

Cobre.- largo 12 cm

ancho 8 cm

espesor 1.5 cm

área total 192 cm cuadrados, 2580.48 gr

Níquel.-espesor 0.5 cm

área total 174.6 cm cuadrados, 776.97 gr

Cromo.- largo 17 cm

ancho 10 cm

espesor 0.2 cm

area total 340 cm cuadrados, 489.6 gr

6.- CALENTADOR

En esta experiencia utilizamos 2 tipos de calentadores: cristal cuarzo de 800 vatios y acero

inoxidable de 500 vatios. Ambos utilizan un voltaje de 110 voltios. Las sustancias ácidas o agresivas como son las que con tienen cromo deben calentarse con el calentador tipo cuarzo. y las sustancias básicas o neutras se deben calentar con el calentador tipo acero inoxidable. El rango máximo que esta comprendido entre los 27 y 63 grados Centígrados. Es necesario calcular el tiempo de calentamiento requerido de los baños de ACONDICIONADOR, ACELERADOR, que son los baños que utilizan la mayor cantidad de calor.

Formula: $Q = m c (T2 - T1)$

1 kWh = 860 cal

T2 : temperatura de trabajo (°C)

T1 : temperatura ambiente (°C)

c : calor específico (cal/g-°C)

0.8 KW: Calentador tipo cristal cuarzo

0.5 KW: Calentador tipo Acero Inoxidable

Volumen = 5 lt

1.- ACONDICIONADOR:

Densidad = 251.25 g/lt = 33.5 e

Peso = (5lt)(0.251 Kg/lt) =1.26 Kg

$$Q = (1.26 \text{ kg})(1 \text{ cal/kg-C})(63 - 27)^\circ \text{C}$$

$$Q = 45.23 \text{ Cal}$$

$$\text{Calor perdido (10\%)} = 4.5 \text{ Cal}$$

$$Q_t = Q + \text{Calor perdido} = 49.73 \text{ cal} = 0.0578 \text{ Kwh}$$

$$\text{Tiempo requerido} = Q_t / 0.8 \text{ kvatios} = 0.07 \text{ horas}$$

2- ACELERADOR

$$\text{Densidad} = 1 \text{ Kg/lt}$$

$$\text{Peso} = (5 \text{ lt})(1 \text{ Kg/lt}) = 5 \text{ g}$$

$$Q = (5 \text{ g})(1 \text{ cal/kg C})(49-27)$$

$$Q = 110 \text{ cal}$$

$$\text{Calor Perdido (10\%)} = 11 \text{ cal}$$

$$Q_t = Q + \text{Calor perdido} = 121 \text{ cal} = 0.1407 \text{ KWh}$$

$$\text{Tiempo requerido} = Q_t / 0.5 = 0.28 \text{ Hr}$$

En Conclusión los tiempos requeridos para el calentamiento son apropiados para nuestro trabajo.

7.- CONTROL DE TEMPERATURA

En el procedimiento de cobreado niquelado y cromado, los valores de temperatura van a variar para lo cual es necesario controlarla. Este control se lo hará con la ayuda de termómetros de carátula de acero inoxidable con un rango de 130°F ver FIGURA 16.

8.- AGITADOR

La agitación del sistema se la hará mecánicamente, con un motor-reductor de una velocidad angular de 10 RPM, y una velocidad lineal de 6.2 cm/seg. Este motor usa una fuente de 110 voltios. Este sistema biela-manivela tiene las siguientes dimensiones de:

- Una biela de 3 cm
- Una manivela de 15 cm

4.3. SELECCION DE LA FUENTE DE PODER

El requisito indispensable para el proceso de electrodeposición es la corriente continua, que la obtenemos de un transformador para reducir la red de alimentación de 120 o 240 volt, a la requerida; luego la corriente alterna sera transformada, a corriente continua o directa.

Para nuestra planta sera necesario tan soio un transformador-rectificador de pequeña capacidad, que brinde las facilidades necesarias como para hacer las mediciones de corriente y voltaje.

El rectificador debe tener un reóstato que produzca variaciones de corriente y voltaje.

El voltaje necesario para alcanzar una densidad de

corriente determinada, depende de las condiciones en las cuales se realiza el proceso, es así, como en el borde de la cuba se obtendrá el mayor valor de voltaje, disminuyendo este a medida que se acorta la distancia cátodo-ánodo.

Básicamente en la selección del rectificador se deben considerar 2 parámetros:

- 1.- El área máxima a recubrir A_{max} (dm²)
- 2.- La densidad de corriente máxima D_{max} (amp/dm²)

De tal manera que la intensidad de corriente total esta expresada así: $I = A_{max} \times D_{max}$

En la TABLA 3 se podrán observar los valores de densidad de corriente con que se trabajará en esta experiencia. De acuerdo a esta tabla podemos concluir que los requerimientos de la fuente de poder se satisfacen plenamente.

En esta planta piloto se utilizó un transformador rectificador con una capacidad nominal de 10 amp y 15 voltios, enfriado por aire.

C A P I T U L O 5

PRUEBAS EXPERIMENTALES

El cromado sobre plástico ABS, incluye muchos pasos empezando con la limpieza perfecta de la pieza, luego el metalizado y finalmente el proceso de electrodeposición. El control de calidad es indispensable para poder así cuestionar los resultados obtenidos.

Una vez explicado los objetivos, tenemos que aclarar los resultados que vamos a obtener y los parámetros que se van a estudiar como son: densidad de corriente, y tiempo de inmersión.

Nuestro interés radica en estudiar la influencia de los parámetros en el resultado obtenido. Para ello se harán pruebas de adherencia, masa depositada y espesor de la capa de recubrimiento, siguiendo sistemas de control establecidos por las normas del Instituto Nacional de Normalización INEN, con lo cual se determinara la aceptación o rechazo de la pieza.

La secuencia del trabajo es la siguiente:

- 1.- Corte de probetas

- 2.- Limpieza manual
- 3.- Enjuague
- 4.- Secado
- 5.- Ataque (acondicionador)
- 6.- Enjuague
- 7.- Precipitador
- 8.- Enjuague
- 9.- Premetalizado (catalizador)
- 10.- Enjuague
- 11.- Acelerador
- 12.- Enjuague
- 13.- Niquelado sin corriente
- 14.- Enjuague
-
- 15.- Cobreado
- 16.- Enjuague
- 17.- Niquelado
- 18.- Enjuague
- 19.- Cromado
- 20.- Enjuague

5.1. SELECCIÓN DEL PLÁSTICO

Hemos seleccionado el plástico de manera que cumpla las

siguientes condiciones:

- 1.- Utilización en la industria
- 2.- De fácil adquisición
- 3.- Bajo costo
- 4.- Facilidad al moldeo
- 5.- Prestar facilidades en la preparación y limpieza
- 6.- Prestar facilidades en la electrodeposición
- 7.- Prestar facilidades en el control de calidad

En conclusión por los detalles antes estudiados el plástico ideal para este trabajo es el plástico ABS, en láminas con un espesor de 0.9mm, cuyas dimensiones aproximadas son de 20 mm x 20 mm, las cuales constan de una raqueta.

5.2. PREPARACIÓN DE PROJETAS

La preparación de probetas para plateado en plástico, ABS, no es tan determinante como en el caso del metal, pero reviste cierta importancia especialmente porque el plástico ABS tiene la característica de captar cierta cantidad de humedad, para lo cual es necesario lo siguiente:

- 1.- Limpiar las probetas con agua y detergente común
- 2.- Cepillar las probetas de manera que no queden im-

purezas.

3.- Enjuagar las piezas en 3 etapas

4.- Dejar escurrir las probetas por unos minutos

5.- Secar las piezas

Las probetas las hemos obtenidos a partir de planchas de plástico ABS laminado de 2 mm de espesor, las cuales se dispusieron en grupos de 8 probetas como muestra la FIGURA 9.

Las dimensiones de las probetas son 20 mm x 20 mm x 0.9 mm, que fueron dimensiones utilizadas de acuerdo a las dimensiones de los ánodos, es decir considerando la relación cátodo/ánodo.

Las áreas de baja densidad de corriente, las constituyen las formas en v, esquinas, huecos, aberturas, etc. Por lo tanto es necesario obtener áreas con curvaturas suaves con alta densidad de corriente, y así obtener una electrodeposición uniforme.

5.3. PREPARACIÓN Y CONTROL DE BAÑOS

Cada baño tiene su preparación y control correspondiente, la cual sera detallada a continuación:

1. ACONDICIONADOR

1. Se vierte el ácido crómico en un recipiente de fibra de vidrio, con 5 lt de agua destilada y calentada a 40 C y luego se agita hasta que se disuelva todo el ácido crómico.
2. Luego con una agitación muy lenta se añade el ácido sulfúrico. Es necesario tener mucho cuidado con este paso porque estos 2 ácidos producen una fuerte reacción exotérmica, la cual es muy peligrosa.
3. Despues con una agitación lenta se añade una pequeña cantidad de ácido fluobórico. Se añade la cantidad necesaria para que disuelva el butadieno del plástico haciendo pruebas en probetas plásticas hasta lograr metalizarias, es decir hasta que la porosidad este apta para que

la pieza sea metalizada.

4. Finalmente, se añaden espumas mantenedoras para que aumenten la tensión superficial de la solución y evite que se evapore fácilmente. Es necesario mantener tapados los recipientes. Los vapores que emana este baño son muy tóxicos y corrosivos.
5. Es necesario controlar la concentración de la solución con análisis químicos periódicos.

2. PRECIPITADOR

Para preparar esta solución de ácido clorhídrico N - 13 es necesario realizar el siguiente cálculo $36.5 \times 13 = 474.5$ ml de ácido clorhídrico por 1 lit de agua, es decir que necesitamos 2372.5 ml de ácido clorhídrico comercial para 5 lit de agua destilada del baño. De donde 36,5 es la densidad del ácido y 13 es la Normalidad requerida. Se agita por unos 3 minutos para que la mezcla sea homogénea. Es

necesario hacer análisis químicos periódicos, o cambiar la solución dependiendo cual de las 2 alternativas sea la más económica.

3. CATALIZADOR

1. Disolvemos 2.5 lb de cloruro de sodio en 5 lt de agua hasta que la mezcla se torne homogénea.
2. Se añade 2.5 lb de cloruro de estaño y se agita vigorosamente la mezcla por unos 5 minutos hasta que la mezcla se torne uniforme.
3. Luego añadimos 2372.5 ml de ácido clorhídrico, y agitamos la mezcla hasta que se torne homogénea.
4. Luego añadimos 120 ml de Cloruro de Paladio diluido en la mezcla y agitamos hasta que la solución se torne uniforme.
5. Es necesario realizar controles periódicos de la concentración de cada uno de sus componentes.

6. No se debe usar agitación por aire, porque el Paladio se oxida.
7. Es preferible que la solución tenga bastante acidez porque si la acidez es baja la solución no se activa.
8. Cuando no se va a usar el sistema es recomendable tapar la cuba.

4. ACELERADOR

1. Se añade 50 ml de Ac. fluobórico en 5 lit de agua destilada y se agita lentamente hasta que la solución se torne homogénea.
2. Es necesario mantener la temperatura a 40 ° C, porque a menos de 38 ° C la solución no se activa.
3. Es recomendable realizar controles periódicos de la concentración de la solución.
4. Este ácido es muy peligroso, porque disuelve el

cristal.

5. NIQUELADO SIN CORRIENTE

1. Se disuelve el cloruro de Ni en 5 lt de agua y se agita vigorosamente hasta que se torne homogénea la mezcla.
2. Se añade Hipofosfito de Sodio y se agita vigorosamente por unos 3 minutos
3. Se añade Citrato de Sodio y se agita vigorosamente la solución, hasta que la mezcla se torne uniforme.
4. Es necesario mantener el pH entre 8.7 - 9 para que se active la solución, para esto es necesario añadir cloruro de amonio para bajar el pH, o añadir Hidroxido de Amonio para elevar el pH; generalmente la solución tiende a bajar el pH.
5. La temperatura a utilizar es casi al ambiente, mucha temperatura puede disociar sus componentes.

6. La agitación por aire no es recomendada, porque oxida al Níquel.
7. Es recomendable realizar controles periódicos de la concentración de cada uno de sus componentes.

6. COBREADO

1. Se disuelve el Sulfato de Cobre en 5 lt de agua y se agita hasta que se torne homogénea la mezcla.
2. Se añade el ácido sulfúrico y se agita suavemente por unos 3 minutos.
3. Es importante mantener un pH de 12 - 14 para que la solución se active.
4. La temperatura de baño se la mantiene entre los 27 - 28°C.
5. La agitación puede ser por aire o mecánica.

7. NIQUELADO

1. Se disuelve el Sulfato de Níquel en 5 lt de agua y se agita hasta que se torne homogénea la mezcla.
2. Se añade Cloruro de Níquel a la mezcla y se agita vigorosamente por unos 10 minutos.
3. Se disuelve el Ácido Bórico a la mezcla y se agita vigorosamente hasta que se disuelva completamente la mezcla.
4. Se mantiene la solución a temperatura ambiente.
5. La agitación debe ser mecánica solamente, porque el níquel tiende a oxidarse si se lo expone al oxígeno.
6. Se debe mantener el pH de la solución entre 3.8 - 4, generalmente la solución tiende a subir el pH, para lo cual es necesario añadir ácido sulfúrico para bajar el pH.

8. CROMADO

1. Se disuelve el Acido Crómico en 5 lt de agua a 50 C, y se agita hasta que se torne homogenea la mezcla.
2. Se añade Acido Sulfúrico a la mezcla y se mezcla suavemente.
3. Es necesario mantener la solución a 47 C, durante el proceso de cromado.
4. La agitación puede ser por aire o mecánica.

5.4. CONTROL DE LAS ETAPAS DEL PROCESO

Los Parámetros de los procesos de cobreado, niquelado y cromado han sido tabulados en la tabla 5, y sus comportamientos fueron graficados en las figuras 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35. Por lo tanto para cromar una probeta es necesario, tomar en cuenta las gráficas y los parámetros de cada uno de los procesos, de manera que se pueda obtener una pieza de una buena calidad. Para este trabajo, hemos utilizado valores recomendados, y así evitar valores de densidad de corriente muy alejados del ideal, y analizar más detalladamente lo que sucede con valores cercanos al ideal, y así obtener datos precisos sobre el comportamiento de cada uno de los procesos. Hay que considerar el tiempo de exposición de cada uno de los procesos, ya que junto con la densidad de corriente determinan en gran parte la calidad del proceso.

Es necesario considerar algunas etapas que son determinantes en cada uno de los procesos, como son:

1. En el proceso de cobreado, la aereación debe ser moderada de manera que los residuos metálicos de los ánodos, se mantengan sedimentados, o en su efecto utilizar bolsas anódicas.

2. En el proceso de niquelado, el control del pH es importantísimo ya que de este depende, la dureza que tendrá la superficie niquelada.

3. En el proceso de cromado, es necesario utilizar espumas mantenedoras de la tensión superficial y mantener limpios los ánodos de plomo.

El cromado en plástico ABS es un ciclo secuencial, de manera que si una etapa o un proceso se lo hace incorrectamente, se obtendrán piezas con fallas o de mala calidad.

5.5. CONTROL DE CALIDAD Y ESTUDIO METALOGRAFICO

Para poder evaluar los efectos que ejercen los diferentes parámetros, se hace necesario utilizar diferentes métodos de control, y así garantizar el producto terminado.

A continuación describiremos cada uno de los métodos de control que son:

1.- CONTROL DE LA MASA DEPOSITADA

Es uno de los más importantes pasos para el control de la masa electrodepositada para los 3 procesos de cobreado, niquelado y cromado, ya que de ésta depende la calidad de los recubrimientos, y la eficiencia.

Uno de los métodos típicos de control de masa depositada, no pudo ser utilizado en nuestra experiencia, porque la densidad del plástico es muy baja y por lo tanto se manejan valores de peso con una precisión de hasta diez milésimas de gramo y es muy difícil conseguir una balanza con esa precisión. Por lo tanto, la única alternativa disponible es el control del espesor del recubrimiento que lo explicaremos a continuación.

2.- CONTROL DEL ESPESOR DEL RECUBRIMIENTO

Es importante determinar el espesor de la capa electrodepositada ya que constituye una de las cualidades físicas más interesantes. Menor porosidad y mayor continuidad se obtendrán a medida que el espesor aumenta.

El Instituto Ecuatoriano de Normalización presenta varias alternativas para controlar el espesor de la capa de Cobre, sin embargo, debido a la limitación existente en el laboratorio de Metalurgia, se emplea la norma INEN 601-1981-01: RECUBRIMIENTOS METALICOS Y NO ORGANICOS. DETERMINACION DEL ESPESOR POR EL METODO MICROSCOPICO.

Según las especificaciones dadas en la norma INEN 1056-1984-07 el espesor será tal que satisfaga el índice de servicio 1.

3.- CONTROL DE ADERENCIA

Para comprender claramente la adhesión metal-plástico ver APENDICE A. El recubrimiento electrodepositado se adhiere a la superficie metalizada con una presión de 5 a 15 psi. La falta

de adherencia suele presentarse a menudo como uno de los principales defectos en los procesos electrolíticos, ya sea, como resultado de deformaciones mecánicas, desprendimiento de gases ocultos, cambios de temperatura, etc., de tal forma que el control de adherencia se hace necesario ya que por medio de éste se tendrá la facultad de determinar si los depósitos metálicos reúnen o no la firmeza necesaria para el propósito trazado.

Pruebas cuantitativas de adhesión son generalmente satisfactorias para el control de calidad en producción. Sin embargo no se obtienen valores numéricos, estas pruebas indican el grado de adhesión. La prueba mas satisfactoria para una pieza dada es la prueba de rasquetado. Esta prueba de rasquetado, es uno de los métodos cualitativos más comunes. Si el depósito es suficientemente grueso para permitir el uso de un cincel, la adhesión se la prueba forzando al cincel entre el recubrimiento y el metal base. Un martillo se usa generalmente para aplicar fuerza. La pieza que resista este ataque es generalmente

satisfactoria. Para recubrimientos delgados se prueban sustituyendo al cincel con un cuchillo o escalpelo. Para espesores mucho más delgados se rasquetean la superficie con un escalpelo, si resiste la pieza es aceptada.

4.- CONTROL METALOGRAFICO DEL MECANISMO DE CORROSION

La función mas importante de un sistema de plateado para metales, despues de considerar su apariencia decorativa, es prevenir la corrosión del metal base (Zn, Al, o Fe). Consecuentemente, esto no dificulta entender porque las pruebas de corrosión han jugado un papel importante en el desarrollo de la industria del plateado y la implementación de los recubrimientos por plateado. Las pruebas de corrosión, aplicada a problemas de plateado, se complican por muchos factores, uno es la acción galvánica entre los metales en el recubrimiento y el metal base. Otro factor es la corrosión del metal base, el cual deteriora el plateado y causa la aparición de productos de corrosión indeseables, sin embargo en el caso de plateado en plástico, debemos considerar solamente la corrosión entre las

diversas capas de metal del sistema de plateado, ellas son, Cu, Ni semibrillo, Ni brillo, y Cr.

Para aplicaciones decorativas exteriores en automóviles el plateado en plástico puede ser sometido a pruebas con corriente, acelerando la corrosión. Estamos seguros que las partes plateadas en plástico son víctimas de la corrosión, picaduras, y grietas en muchos casos como los metales y Zn plateado, Al o Hierro, por su puesto los mecanismos y velocidad de corrosión pueden diferir.

La validez de las pruebas aceleradas de corrosión para control de calidad, y particularmente para investigación y desarrollo, estan basadas en la manera en que estas pruebas muestran una racional y reproducible relación entre el modo y la velocidad de ataque en la prueba, y el modo y velocidad de ataque bajo condiciones de uso actual.

Pruebas científicas, involucran medidas de conductividad eléctrica y potencial electromotriz en el proceso electroquímico que se asocia con la corrosión entre las diferentes capas de plateado o entre el plateado y el metal base. Medidas electroquímicas sirven como una guía para mejorar

la eficacia del plateado, para inspección y control de calidad.

El metodo metalográfico incluye un método para detectar áreas con ESPUERZOS el cual lo describimos a continuación:

La velocidad de expansión térmica para plásticos son sustancialmente más altas que para los metales. ej: el coeficiente de expansión para ABS, el cual es modesto para termoplásticos estándares, es 5 a 6 veces más grande que el de metales plateados, consecuentemente, si altos esfuerzos de moldeo están presentes en el plástico cuando las partes están sujetas a ciclos térmicos, el plástico y o el plateado también se romperán.

La prueba de ácido acético glacial puede usarse para localizar la concentración de esfuerzos en partes moldeadas. Esta prueba consiste en sumergir la parte en ácido acético por 2 o 5 minutos, se la enjuaga en agua ,y al examinar visualmente la superficie, podemos observar que las áreas con grandes esfuerzos son severamente blanqueadas y acompañadas por otros defectos de superficie (picaduras, reventado y rayado).

La prueba térmica y de corrosión, son imprácticas

debido al tiempo que toman (72 hr), sin embargo se recomiendan para establecer el apropiado sistema de plateado. Cuando considerables esfuerzos de moldeo están presentes, la rotura plástica es visible al final del ciclo de prueba, lo cual se manifiesta por productos de corrosión verde, en las áreas donde el plateado contiene los craqueados por minuto. ver FIGURA 24 Y 25. Un examen microscópico muestra claramente el Ni roto y el resultado de la corrosión de Cu.

Para poder observar microscópicamente el espesor de las diferentes capas electrodepositadas fue necesario atacar la superficie con los siguientes químicos:

-El Dicromato de Potasio se lo utilizó para atacar el Cobre.

-El Acido Acético se lo utilizó para atacar al Níquel

-Para atacar el Cromo utilizamos un compuesto de Acido Crómico 20 gr/lit con Acido Sulfúrico al 2 %.

Es muy importante el ataque de la superficie, porque de esta dependen los valores obtenidos de espesor.

A continuación en la FIGURA 20 Y 23 podremos

observar la diferencia entre las capas de Cu, Ni y Cr.

5.6. APLICACION EN UNA PIEZA DE USO INDUSTRIAL

Para nuestro trabajo experimental realizamos una prueba con una raqueta de perillas para uso en equipos estereofónicos, con los parámetros recomendados de acuerdo a la bibliografía utilizada, del cual desprendemos las siguientes conclusiones:

Debido a su geometría complicada y altos relieves, es necesario un tiempo de 12 minutos en el baño de niquelado sin corriente, para que los dientes de las raquetas no piquen los contactos eléctricos de metalizado en la pieza.

El conjunto de perillas presentan ciertas irregularidades en sus contornos exteriores, debido a la incorrecta disposición y geometría de los ánodos, lo cual es primordial para que la electrodeposición sea la adecuada y se distribuya correctamente en la pieza.

El cálculo aproximado del área de electrodeposición de la pieza, no nos facilita utilizar un valor exacto de densidad de corriente.

En el lugar donde se sujetan las perillas con la raqueta, presenta falta de electrodeposición.

La pieza es más sensible a cualquier cambio en la

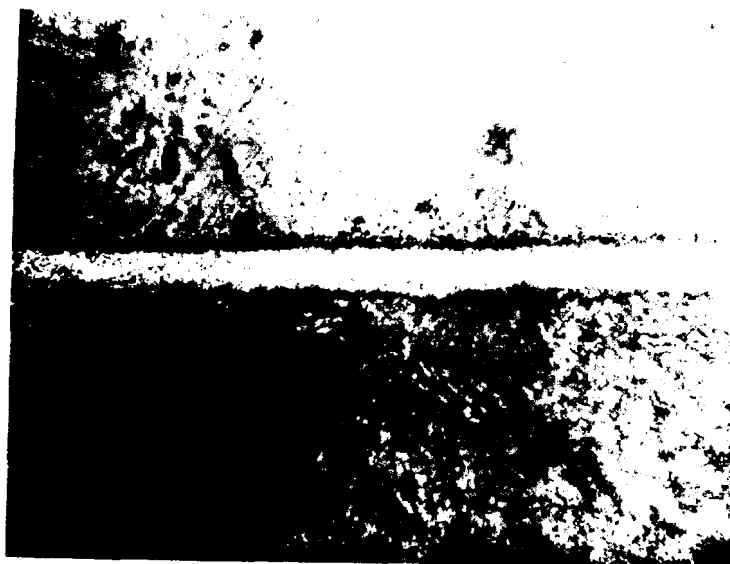


FIGURA 20. CAPA ELECTRODEPOSITADA DE COBRE
226x

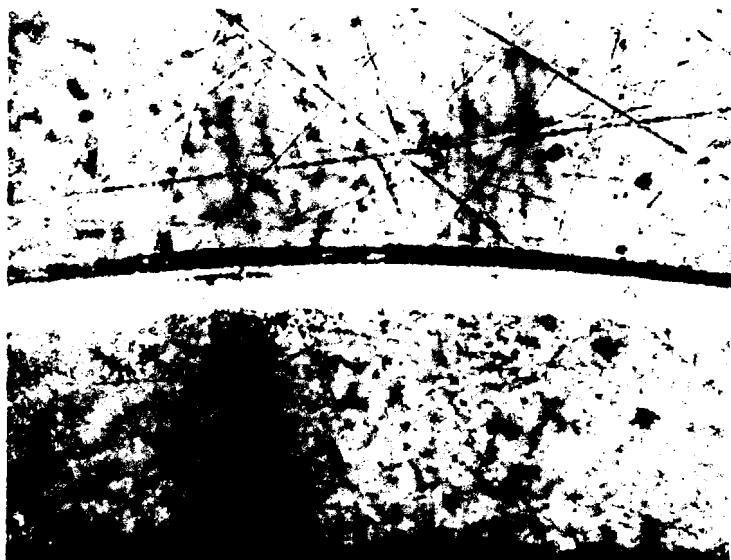


FIGURA 21. CAPA ELECTRODEPOSITADA DE COBRE-NIQUEL
226x



FIGURA 22. CAPA ELECTRODEPOSITADA DE COBRE-NIQUEL-CROMO
226x



FIGURA 23. CAPA ELECTRODEPOSITADA DE COBRE-NIQUEL-CROMO
452x



FIGURA 24. FRACTURA DE LAS CAPAS ELECTRODEPOSITADAS
226x Cu-Ni-Cr



FIGURA 25. PICADO Y FRACTURA EN LAS CAPAS ELECTRODEPOSITADAS.
226x Cu-Ni-Cr

densidad de corriente, reventándose la capa electrodepositada.

Debido a que no hay en el mercado ánodos de cobre y níquel enrollados, la distribución de la electrodeposición no es muy uniforme. Para esto es necesario colocar los ánodos enrollados de cobre y níquel a una distancia aproximada de 5 cm de la pieza y 5 cm entre sí, y utilizar bolsas protectoras de ánodos. Es necesario limpiar los ánodos de plomo con un cepillo con cerdas metálicas y sumergirlos en una solución N-13 de ácido clorhídrico y luego pasarlos por 3 enjuagues en agua agitada por aire, para sacar una película color chocolate que forma un aislante al paso de la corriente en la solución con iones metálicos.

Para el caso de nuestras perillas tienen un color amarillento debido al exceso de ácido sulfúrico, lo cual se soluciona añadiendo carbonato de bario para que se torne la pieza un poco blanco-azulada que es el color característico de una pieza cromada.

La pulida y limpieza se la realiza con carnauba en crema, para darle así un brillo permanente.

CAPITULO 6

DISCUSION DE RESULTADOS

Es necesario considerar la masa real electrodepositada considerada en la TABLA 5, la cual fue determinada a partir de los valores en la TABLA 6, de gramos por amperio hora, con una eficiencia del cátodo del 100%.

Para el cálculo de la masa real electrodepositada utilizamos los valores recomendados para dichos parámetros de prueba, es decir, espesor, y peso específico del material electrodepositado.

Los valores de espesor (S) fueron determinados por pruebas al microscopio en el laboratorio de metalografía.

Para analizar los efectos que sobre la masa, espesor y adherencia ejercen los parámetros eléctricos y el tiempo de inmersión, se muestra a continuación la siguiente tabla de resultados.

TABLA 5

COBRE

<u>Probeta</u>	<u>t</u>	<u>Area</u>	<u>I</u>	<u>Pot</u>	<u>V</u>	<u>Dc</u>	<u>Eficiencia</u>	<u>m</u>	<u>e</u>
No	(min)	(cm ²)	(mAmp)	(Watt)	(Volt)	(A/dm ²)	(%)	(gr)	(Micras)
1	25.53	9.24	249	0.3486	1.4	2.69	94.05	0.1303	15.62
2	21.30	9.245	299	0.4186	1.4	3.23	93.80	0.1300	15.77
3	18.24	9.592	359	0.5385	1.4	3.77	90.20	0.1297	15.19
4	15.96	9.03	389	0.5446	1.4	4.30	83.19	0.1126	14.00
5	14.16	8.82	427	0.5978	1.4	4.84	81.80	0.1082	13.74
6	12.78	9.116	49	0.686	1.4	5.38	80.01	0.1093	13.46
7	10.62	9.072	59	0.767	1.3	6.46	79.77	0.1085	13.41

NIQUEL

1	24	8.946	96.26	0.14439	1.5	1.076	90.14	0.0400	5.0292
2	12	8.988	193.24	0.28986	1.5	2.15	89.72	0.0399	5.004
3	8	8.82	284.89	0.3988	1.4	3.23	88.01	0.0385	4.902
4	6	8.403	361.33	0.5420	1.5	4.3	84.21	0.0351	4.699
5	4.8	8.24	443.31	0.6206	1.4	5.38	79.80	0.0326	4.448
6	3.2	8.242	665.13	0.9312	1.4	8.07	73.38	0.0300	4.089
7	2.4	8.19	881.24	1.1456	1.3	10.76	72.89	0.0296	4.039

CROMO

1	12	8.650	2.33	0.00699	3	0.0269	96.44	0.000156	2.54
2	11.7	8.4	4.52	0.02260	5	0.0538	93.92	0.000303	5.08
3	10	8.894	9.57	0.05742	6	0.1076	93.46	0.000481	7.62
4	9	8.605	13.89	0.09723	7	0.1614	92.29	0.000621	10.16
5	7	8.445	18.17	0.14536	8	0.2152	89.88	0.000762	12.7

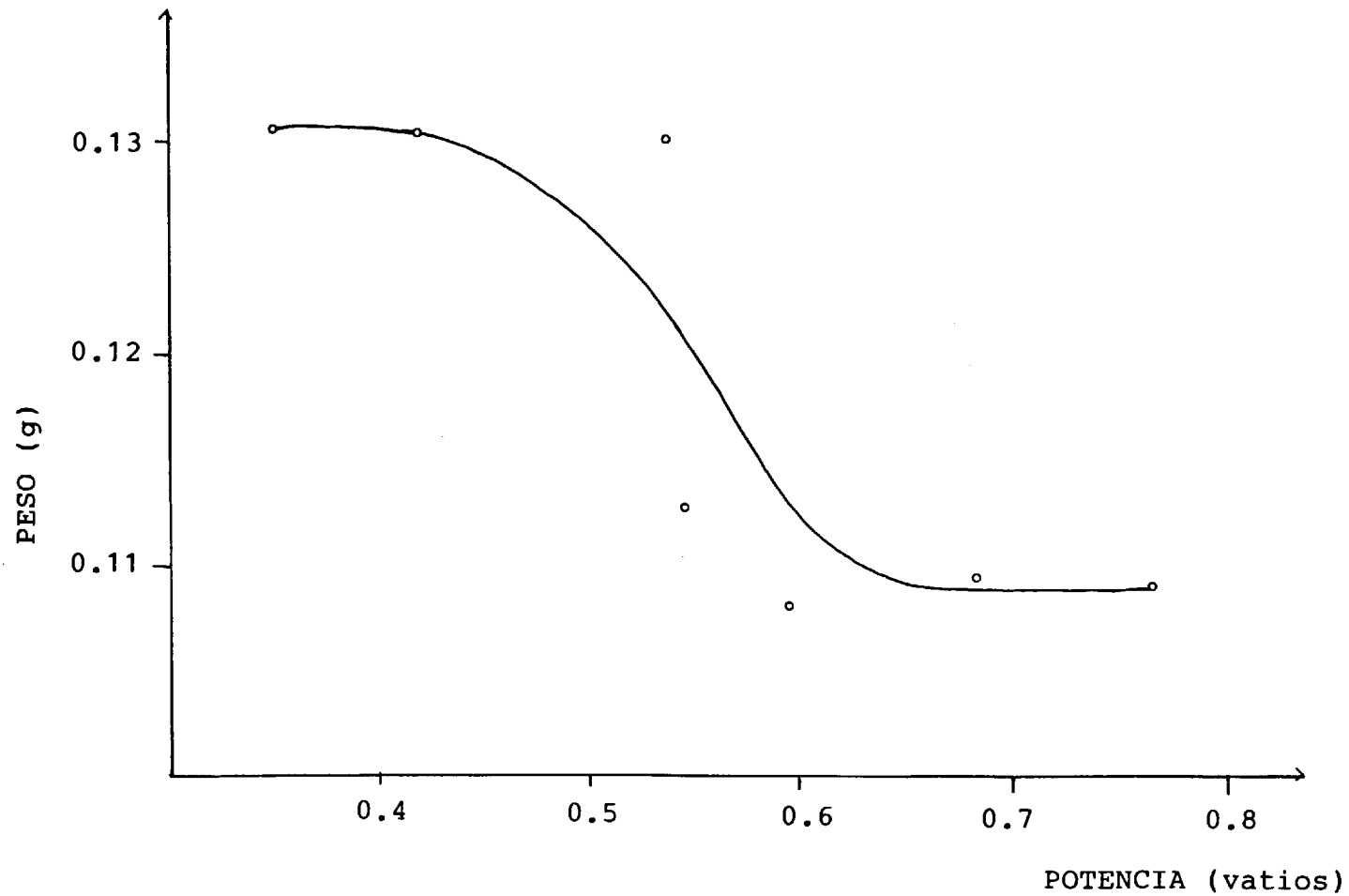


FIGURA 26. VARIACION DEL PESO ELECTRODEPOSITADO DE COBRE CON RESPECTO A LA POTENCIA

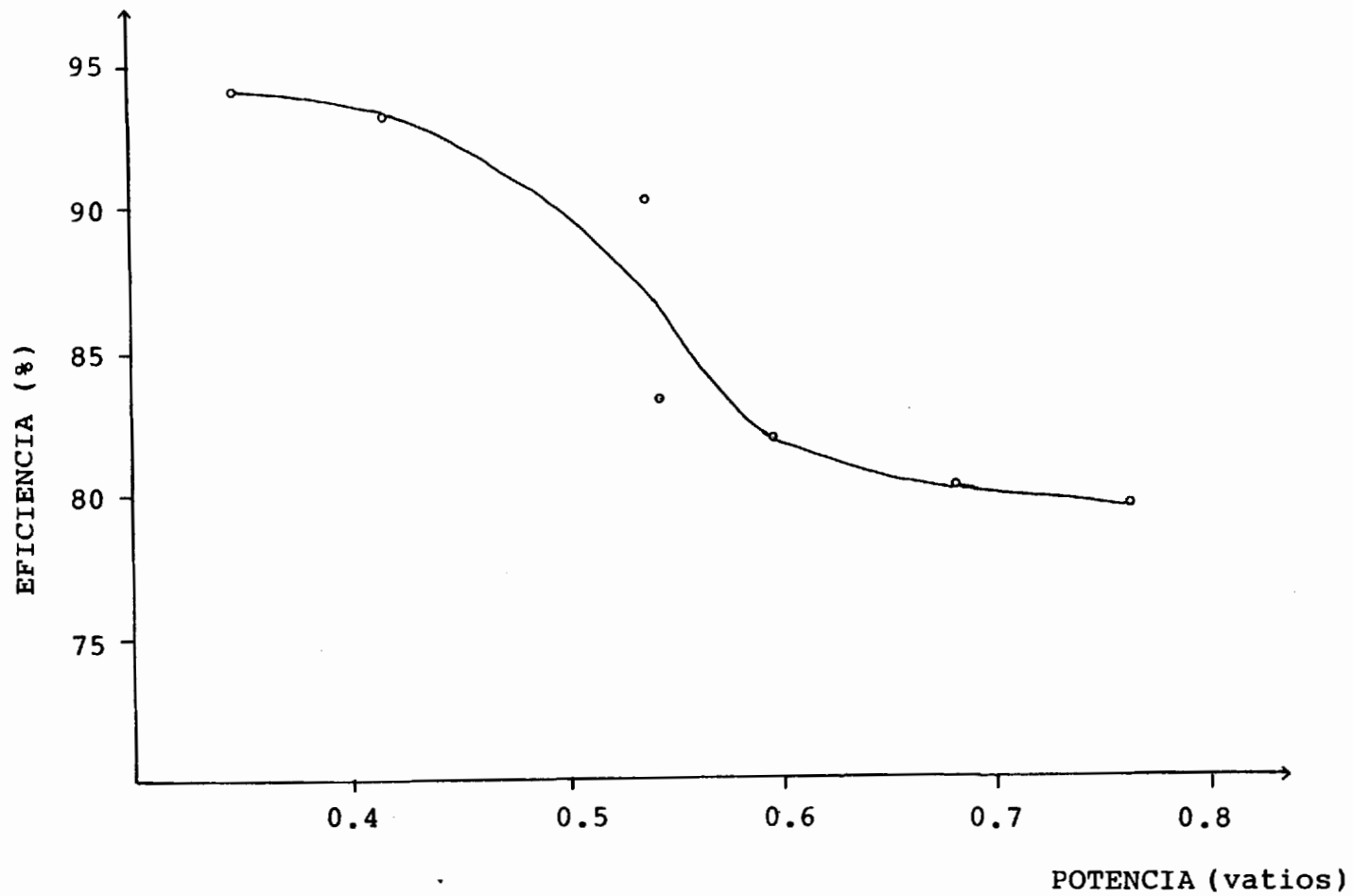


FIGURA 27. VARIACION DE LA EFICIENCIA DEL PROCESO DE COBREADO
CON RESPECTO A LA POTENCIA

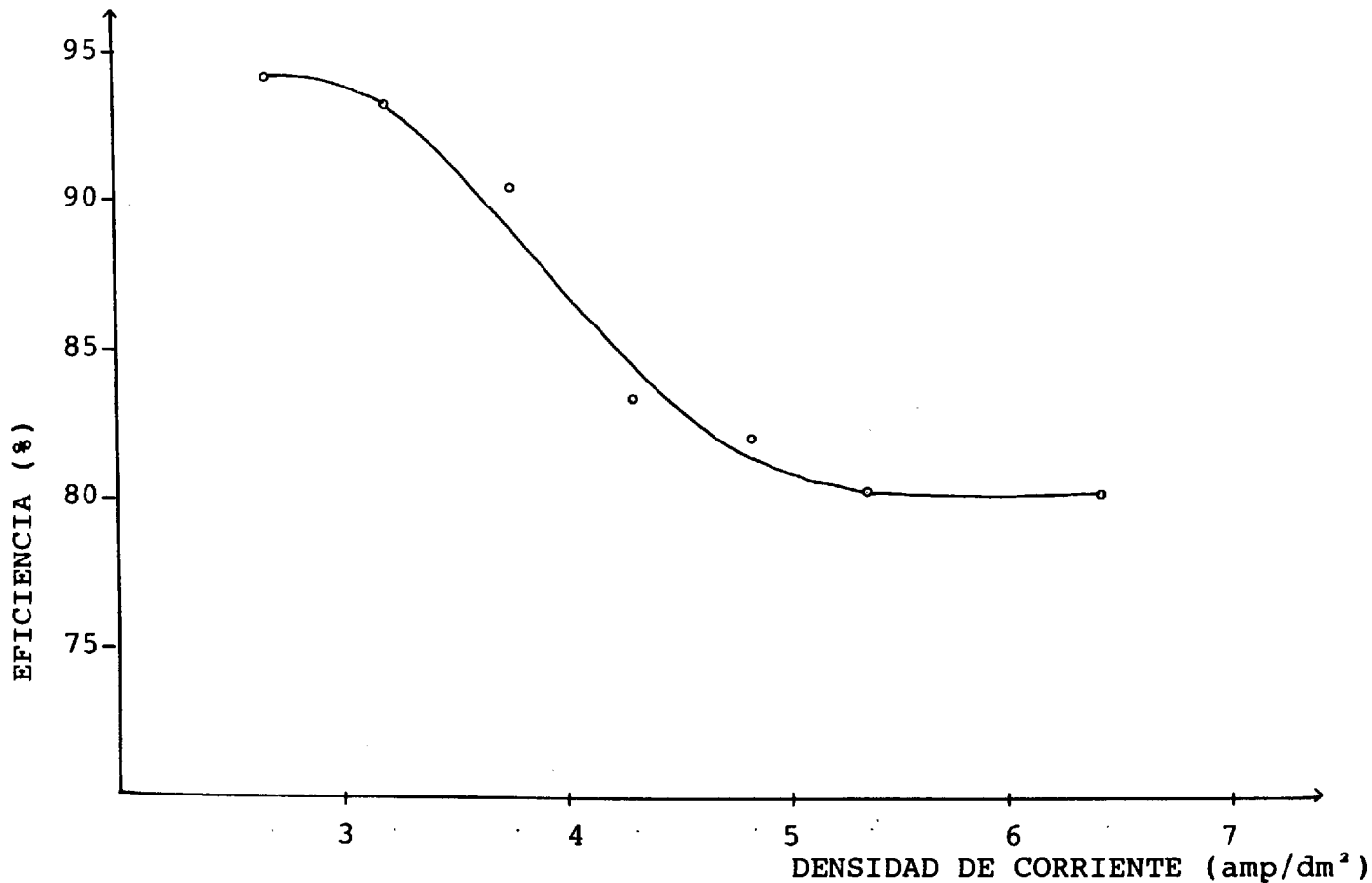


FIGURA 28. VARIACION DE LA EFICIENCIA DEL PROCESO DE COBREADO
CON RESPECTO A LA DENSIDAD DE CORRIENTE

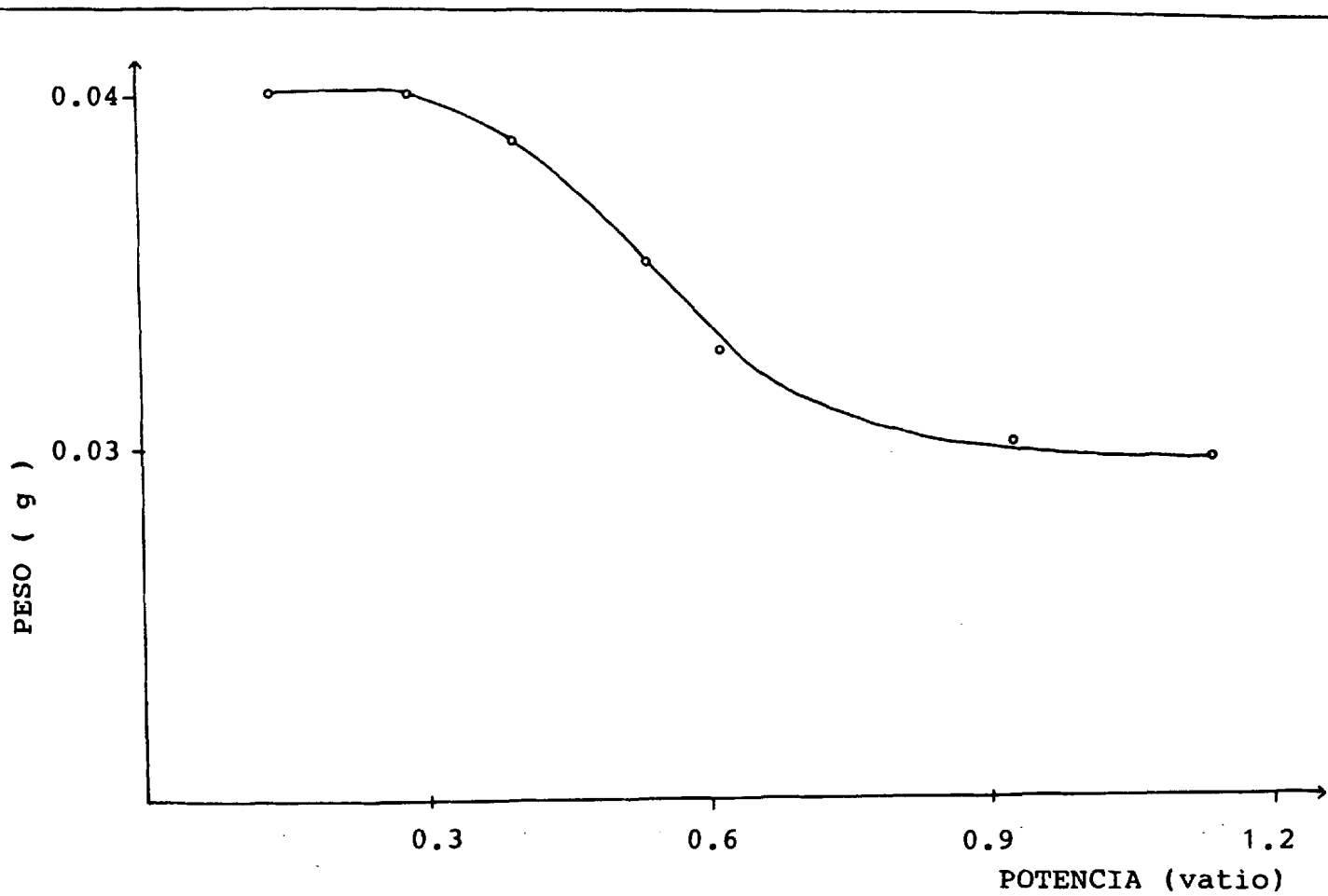


FIGURA 29. VARIACION DEL PESO ELECTRODEPOSITADO DE NIQUEL
CON RESPECTO A LA POTENCIA

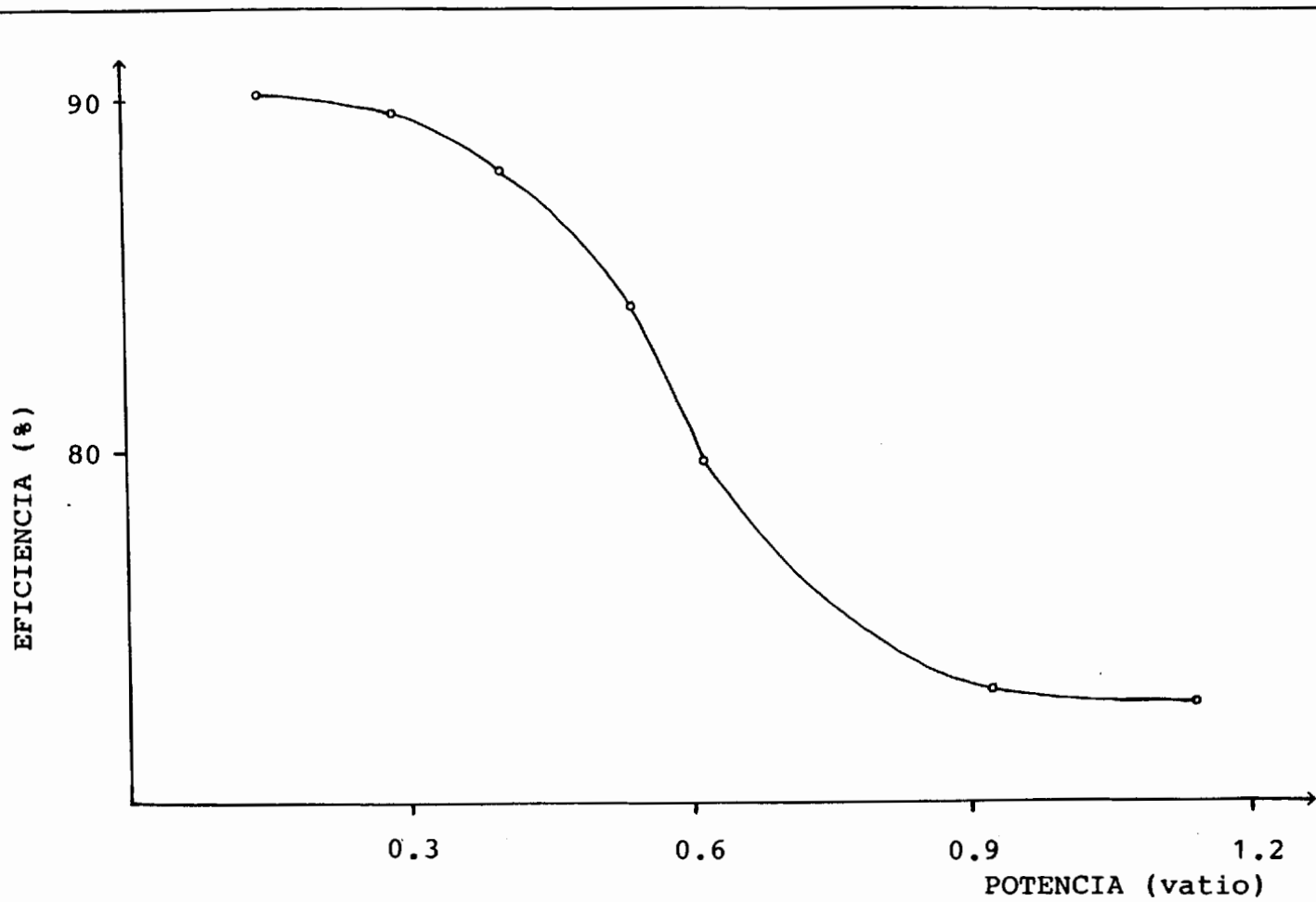


FIGURA 30. VARIACION DE LA EFICIENCIA DEL PROCESO DE NIQUELADO
CON RESPECTO A LA POTENCIA

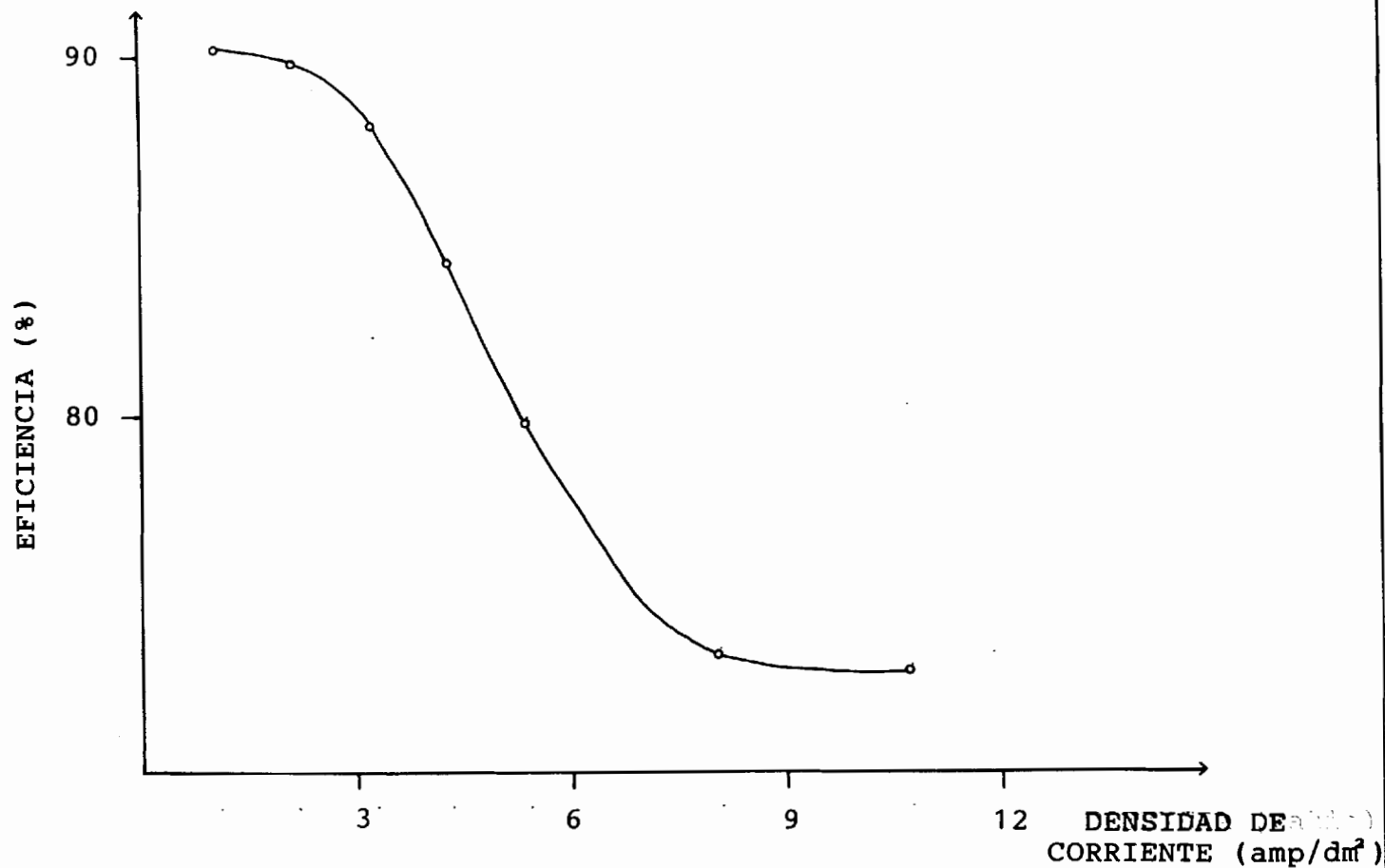


FIGURA 31. VARIACION DE LA EFICIENCIA DEL PROCESO DE NIQUELADO
CON RESPECTO A LA DENSIDAD DE CORRIENTE

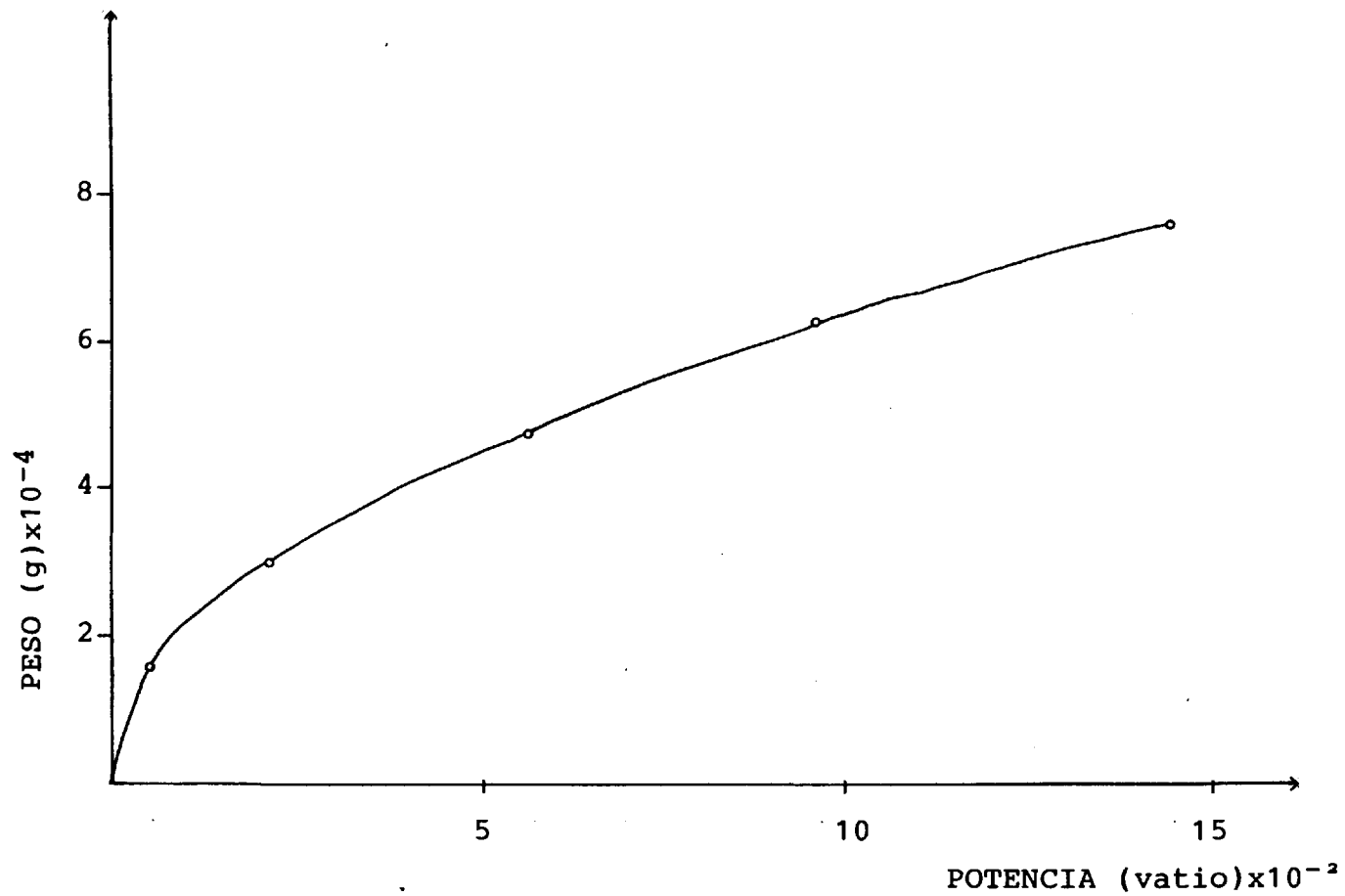


FIGURA 32. VARIACION DEL PESO ELECTRODEPOSITADO DE CROMO

CON RESPECTO A LA POTENCIA

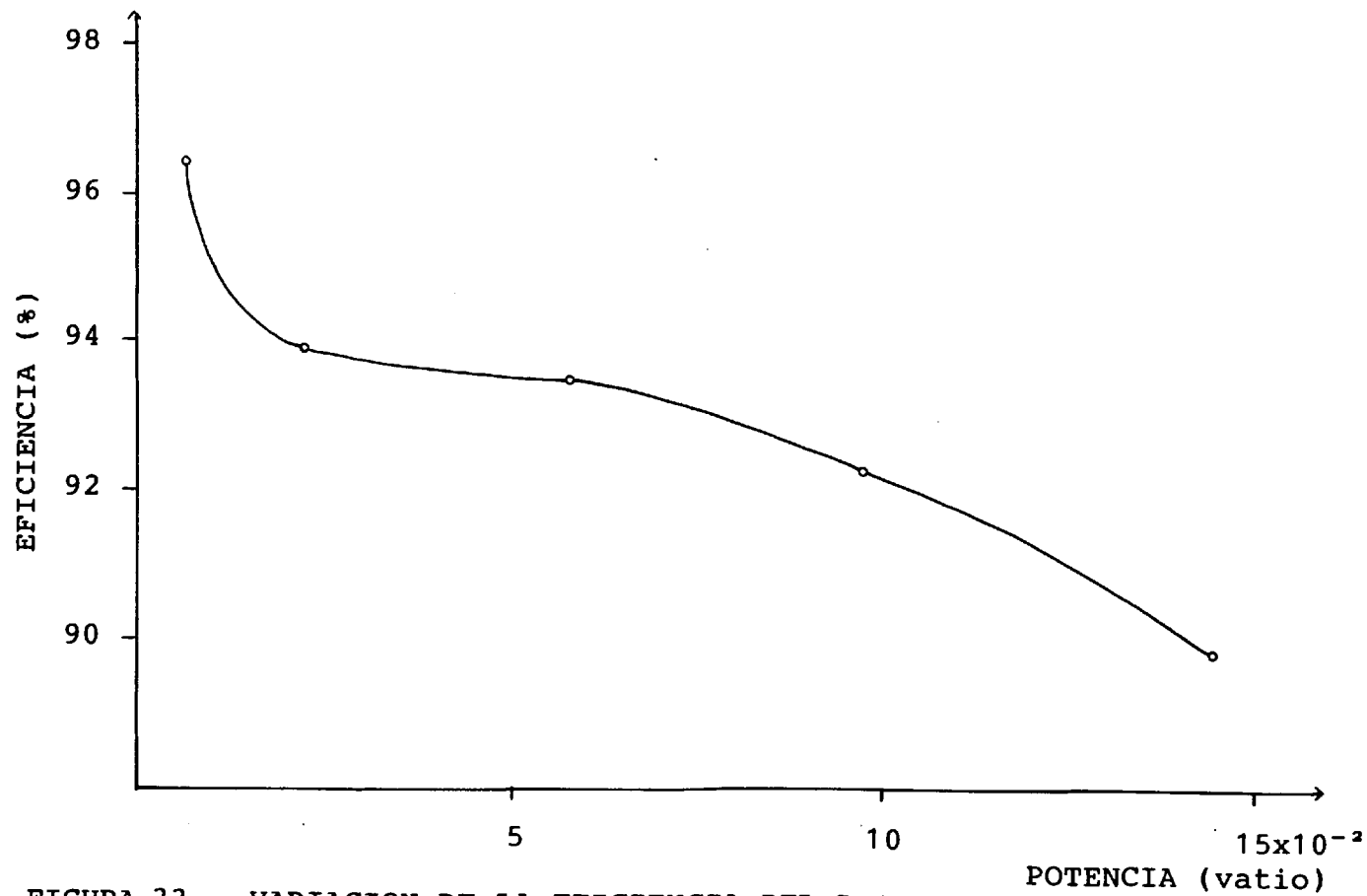


FIGURA 33. VARIACION DE LA EFICIENCIA DEL PROCESO DE CROMADO
CON RESPECTO A LA POTENCIA

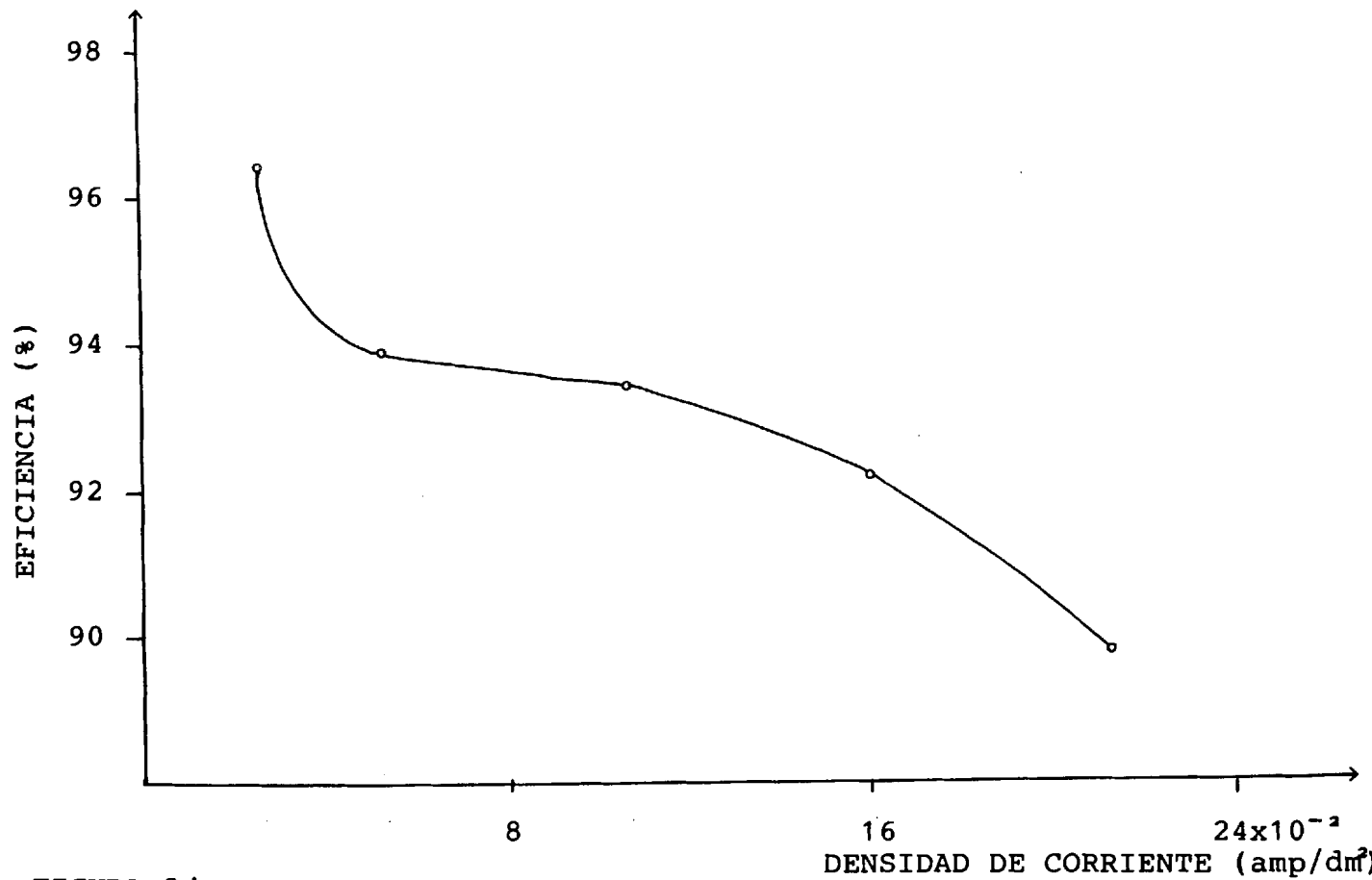


FIGURA 34. VARIACION DE LA EFICIENCIA DEL PROCESO DE CROMADO

CON RESPECTO A LA DENSIDAD DE CORRIENTE

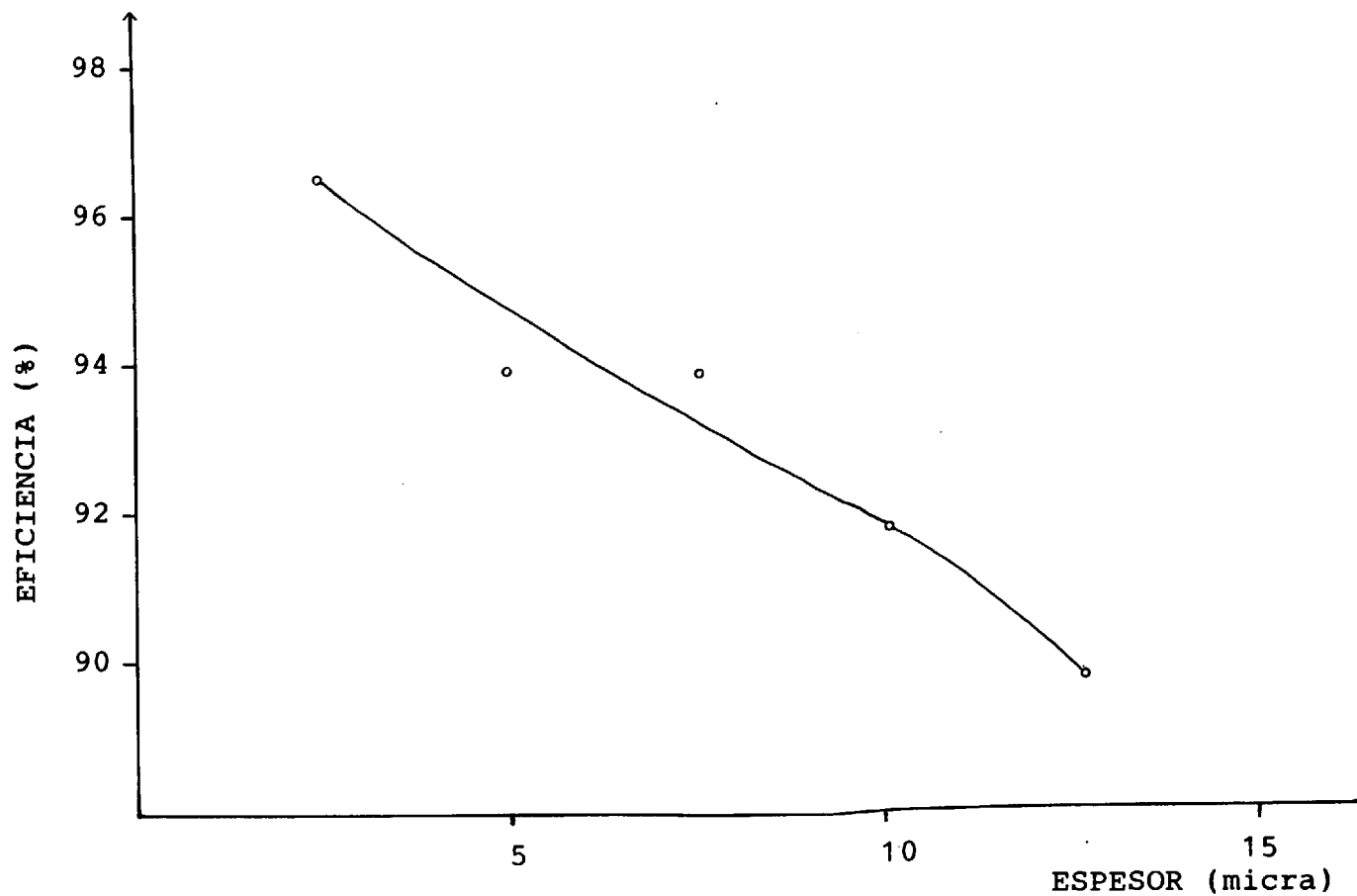


FIGURA 35. VARIACION DE LA EFICIENCIA DEL PROCESO DE CROMADO
CON RESPECTO AL ESPESOR

6.1. CONCLUSIONES

A medida que se aumenta la potencia, la cantidad de masa electrodepositada de Cobre y Níquel, disminuyen y se estabilizan a un valor mínimo.

Al aumentar la potencia la cantidad de masa electrodepositada de Cromo aumenta.

A medida que se aumenta la potencia, la eficiencia de los procesos de Cobreado, Niquelado y Cromado disminuyen a un valor mínimo.

Al aumentar la densidad de corriente, disminuye la eficiencia de los procesos de Cobreado, Niquelado y Cromado.

A medida que se aumenta el espesor, la eficiencia del proceso de cromado disminuye.

Los valores recomendados para el Proceso de Cobreado son:

Dc : 2.69 - 3.77 Amp/dm².

Pot : 0.3486 - 0.4186 Vatios .

Los valores recomendados para el Proceso de Niquelado son:

Dc : 0.1076 -3.23 Amp/dm² .

Pot : 0.14439 -0.28986 Vatios .

Los valores recomendados para el Proceso de Cromado son:

Dc : 0.0269 Amp/dm² .

Pot : 0.00699 Vatios .

Espesor : 2.54 Micras .

En general para valores bajos de Potencia y de Densidad de Corriente, obtendremos valores excelentes de masa electrodepositada y de Eficiencia las cuales son las 2 variables a investigar en los Procesos de Cobreado, Niquelado y Cromado.

6.2. RECOMENDACIONES

Se plantea como recomendaciones las siguientes:

Difundir este proyecto en la pequeña industria, para ser utilizado en la fabricación de artículos artesanales, partes para electrodomésticos, y artículos varios.

Mantener en el Laboratorio de Metalurgia, esta pequeña planta piloto para la enseñanza de los estudiantes .

Investigar el efecto de los esfuerzos internos en el Níquel.

Es importante investigar constantemente las nuevas técnicas de Cromado en Plástico ABS.

6.3. APENDICES

APENDICE A

ADHESION METAL - PLASTICO

Muchos trabajos experimentales han sido hechos para producir una unión entre plástico y metal. La primera teoría relacionada con ésta unión concluye que una buena adhesión fue obtenida por el desarrollo de adherencia a la superficie plástica, y que la unión fue química en vez de mecánica, adicionalmente al estudio, empleando un microscopio electrónico, muestra que la unión de un depósito metálico penetra algunos micrones en la superficie del plástico. Entonces fue determinado que durante el ciclo de ataque, las soluciones oxidantes se difundan en el plástico y ataca las partículas de caucho del butadieno, dando así un campo de la formación de la unión mecánica entre el metal y el plástico. Además, trabajos experimentales indican que la temperatura de fusión tiene una gran influencia en la adhesión metal - plástico. Como resultado, la solución de ataque usada en el proceso de preplateado penetra más despacio y menos uniforme en la superficie del plástico, y la unión es consecuentemente mala y poco uniforme. El pretratamiento de ataque con el ácido crómico-sulfúrico es importante para darnos

una buena unión metal - plástico y, como las variables son de niveles hexavalentes y trivalentes en el cromo, una cantidad de Ac. sulfúrico, temperatura, y tiempo de ataque deben ser bien controlados. Durante nuestra práctica, un examen de las piezas muestran un rango de adhesión de pobre a excelente, un micro examen de la unión plástico - níquelado sin corriente, muestra que partes con pobre adhesión se transformaron en partes con una excelente adhesión lo que es debido a la interfase rugosa.

APENDICE B

CELIDAS DE PLATEADO

La celda tipo casco y otros recipientes de plateado son utilizados para el desarrollo, evaluación, y control de baños de plateado ver FIGURA 161. La medida de la celda tipo casco que tiene uso común en la actualidad, es de 267 ml en un recipiente trapezoidal, diseñado para probar pequeños volúmenes de solución con un panel de 10,2 cm inclinado a 38 grados. Un anodo corrugado se usa para aumentar el área del ánodo y así reduce la polarización del ánodo. Considerando como la celda tipo casco nos da un método práctico para el control de brillo.

Esta celda es útil para:

1. Determinar adiciones de abrillantador
2. Detectar contaminantes metálicos
3. Ajustar el Catalizador en el baño de Cromo
4. Detectar contaminantes orgánicos
5. Observar y corregir el color de alguna aleación depositada.

Un rango de prueba de plateado es en esencia, un control de calidad, por el examen visual, una serie de celdas de prueba revelaran la cantidad de sustancias a adicionar o remover en el baño, para ajustar la continuidad del proceso. Para obtener una respuesta cuantitativa, las pruebas deben ser hechas cuidadosamente, así:

1. La Celda debe estar limpia, para evitar contaminantes de una prueba anterior ,con un tipo diferente de baño.

2. Un volumen determinado añadido a la celda, puede relacionarse a un ajuste del proceso.

3. La cantidad (peso o volumen) de una adición a la solución, debe ser cuantificada y la inmersión del panel debe conocerse para estimar la densidad de corriente adecuada en el panel.

Las celdas particulares, y otras comunes de 267 ml. pueden identificarse por el volumen recomendado de solución a probarse, ej. 100 ml. 250ml. etc. Esto puede también identificarse por la longitud del cátodo ej. 5". 4", 10 cm etc. Hull y Ruebensaai derivaron una fórmula para la densidad de corriente a lo largo del cátodo de 5 ". La expresión general para esta fórmula es :

$$* A = C(k_1 - k_2 \log L)$$

A = Es la densidad de corriente/Longitud.

C = Es la corriente total aplicada al panel.

L = Es la longitud a lo largo del panel.

K1 y K2 son constantes.

Si estoy restringido a un tipo de celda de plateado, debería escoger la celda rectangular A, la celda es métrica (1L), esta acepta un panel comercial de 12.7 cm tipo Hull panel, y puede usarse como una caja de plateado. La geometría de una caja rectangular es usada para confinar el ánodo y el cátodo para diferentes pruebas, como en las celdas A.C.E.F y G ver FIGURA 6. El patrón de la siguiente corriente esta

limitado por el confinamiento de las paredes de la caja, la posición del cátodo, y usualmente por la posición del ánodo.

El patrón de corriente en el cátodo en alguna prueba será uniforme, esto será cuando el cátodo, Volumen, Temperatura y composición química de la solución, geométrica de la celda, agitación (si existe), tiempo de plateado, y celda de corriente, sean los mismos.

APENDICE C

EFFECTO DEL GRADO DE ACABADO

En la limpieza de piezas plásticas hay que ser muy cuidadoso, con respecto a la velocidad y presión del pulido, la velocidad angular afecta directamente el grado de corte y el tipo de acabado; de seguro, la máxima velocidad segura de operación de la rueda o cepillo no debe excederse. La máxima velocidad es usada solo cuando altos grados de corte se requieren para operaciones de pulido, velocidades bajas alargarán el rayado y crean más uniformidad, y acabado decorativo. Existen velocidades típicas para diferentes aplicaciones son:

Limpiado	2000 - 5000	SFPM
Quitar rebabas	3000 - 6500	
Acabado decorativo	500 - 2500	
Pulido (metal)	6000 - 9000	

La presión de trabajo para aplicaciones dadas bajo la selección del producto y la aplicación. Ruedas unificadas y convolutizadas requieren de alta presión de trabajo, de acuerdo a la forma de los cepillos se utiliza la presión y el caballaje (Hp).

Las presiones de trabajo y HP recomendados son:

<u>Aplicacion</u>	<u>Presion de trabajo</u>	<u>Hp/pul trabajada</u>
		(Lbs/pulg trabajada)

Acabado decorativo	5 - 10	0.1 - 0.15
Limpiado	10 - 20	0.1 - 0.2
Quitar rebaba	10 - 20	0.15 - 0.2
Pulido	20 - 40	0.5 - 2

Es importante que se use la presión correcta, para que se genere el corte y acabado deseado. La presión de trabajo sugerida indica la cantidad relativa de trabajo requerida con o sin carga o motor libre: la presión para operaciones no manuales debe ser baja, generalmente entre 3 - 5 lb. En la práctica, lo óptimo se obtiene cuando la mínima presión es usada para resultados promedios: presiones excesivas pueden causar una cubierta prematura, y no necesariamente se debe incrementar la velocidad de corte, debido a la característica controlada de los abrasivos tridimensionales.

LUBRICANTES

Lubricantes como jabones, ceras, cebo, agua con refrigerante y aditivos abrasivos solubles con grasa o aceite a base de lubricantes pueden afectar beneficiosamente la vida, velocidad de corte, y el acabado producido; evitando calentar excesivamente los materiales sensibles como son termo plásticos y vidrio, previniendo así el calor, con el uso de refrigerantes. Es posible incrementar la velocidad de corte de baja densidad abrasiva mientras se produce un acabado mate. Consecuentemente, es preferible usar refrigerantes a un lubricante.

FORMAS

Es importante considerar el acabado en los contornos. la forma de las piezas puede retener residuos y dañar la apariencia de la misma, es recomendable usar ruedas a muy baja velocidad angular.

APENDICE D

PRINCIPIOS BASICOS DE LOS RECUBRIMIENTOS ELECTROLITICOS

1. **DISOCIACION ELECTROLITICA:** Una gran variedad de sustancias son solubles en agua, sin embargo, se encuentra que solo aquellas que contienen disueltos un electrolito, conducen la corriente eléctrica. Dichas sustancias una vez disueltas se disocian en mayor o menor amplitud, en partículas cargadas eléctricamente llamadas iones, los cuales pueden consistir en átomos o grupos de átomos. Cuando un átomo se cambia a un ion cargado negativamente, entonces adquiere uno o mas electrones adicionales, en tanto que cuando un ion se carga positivamente ha perdido uno o más electrones.

Al introducir en una solución de sulfato de cobre 2 electrodos diferentes, como cobre y hierro, conectándose éstos a los polos positivo y negativo de una fuente de corriente directa respectivamente; se establecerá una diferencia de potencial que dará como origen la circulación de corriente en dicha solución. Debido a la acción de dicha corriente, la sal CuSO_4 se descompone en iones positivos o cationes Cu^{++} que son atraídos o emigran hacia el cátodo o electrodo negativo, en tanto que, los iones negativos o

aniones SO_4^- se dirigen hacia el ánodo o electrodo positivo. Al entrar en contacto con los electrodos los iones entregan su carga y se vuelven eléctricamente neutros.

Como se menciono anteriormente, los electrolitos se descomponen al paso de la corriente eléctrica produciendose el fenómeno llamado ELECTROLISIS.

El estado de equilibrio de un electrolito viene dado por el grado de disociación, es decir, por la relación del número de moléculas disociadas en iones y el número de moléculas que existiría en la solución si no hubiese disociación.

El valor del grado de disociación varía entre 0 para los no electrolitos y 1 para los electrolitos fuertes.

2. LEYES DE PARADAY:

Las Leyes de Faraday, pueden expresarse mediante los siguientes enunciados:

a) La cantidad de cualquier elemento (metal) liberada ya sea en el cátodo o en el ánodo, durante la electrólisis, es proporcional a la intensidad y a la duración de la corriente eléctrica.

b) Las cantidades de elementos liberados por la misma cantidad de electricidad son proporcionados a sus equivalentes químicos.

El equivalente químico de un elemento es su peso atómico dividido entre su valencia. En la TABLA 6 se dan valores de equivalentes químicos para diferentes elementos.

La intensidad es medida en amperios; un amperio equivale a la intensidad de una corriente eléctrica que precipita 1,118mg de plata en un seg.

El coulombio es la cantidad de electricidad transportada por una corriente de un amperio durante 1 seg. Pero el coulombio resulta una unidad de carga demasiado pequeña, por lo cual, para fines prácticos se utiliza como unidad el amperio-hora.

Los amperios-hora es igual al producto de la intensidad en amperios por el tiempo en horas. La ley de faraday se puede expresar así:

$$G = Eq.q \quad (1.1)$$

Si la corriente eléctrica es de intensidad constante, resultara:

$$q = i.t \quad \text{entonces}$$

$$G = Eq.i.t \quad (1.2)$$

G: representa la masa (peso) del metal depositado.

Eq: es el equivalente electroquímico y representa la cantidad determinada que se deposita al paso de un coulombio De tal manera que la formula 1.1 se puede interpretar como, el Peso del metal depositado es igual al producto de la

cantidad que se depositara al paso de coulombio por el total de coulombios consumidos.

Lo propio se puede decir de la formula 1.2 que, el peso del metal depositado es igual a la cantidad de metal que deposita 1 coulombio, multiplicado por los amperios consumidos y por el tiempo empleado expresado en segundos.

Otro parámetro de importancia dentro de un recubrimiento electrolítico es la diferencia de Potencial, el mismo que debiera ser lo suficientemente elevado como para vencer la resistencia del baño y la fuerza contraelectromotriz de Polarización.

Cuando un metal se sumerge en una solución que contiene sales de este metal, como una pieza de cobre dentro de una solución de sulfato de cobre, se establece una diferencia de Potencial conocida como Potencial Sencillo o Potencial de Solución de ese metal, el mismo que es medido con respecto al potencial del hidrógeno cuyo valor aceptado es cero.

Para comparar los potenciales de diferentes metales, estos son expresados en términos del Potencial Normal o Estandar, cuyos valores se dan en la TABLA 7, comunmente denominada Serie Electroquímica o Electromotriz. El potencial de un electrodo varia a medida que avanza la electrólisis, el del ánodo se hace mas positivo y el del cátodo más negativo que al principio. Este cambio es debido a la polarización de

dicho electrodo; es decir, a partir del ánodo se disuelven iones metálicos, volviéndose mas concentrada la solución en sus alrededores; en tanto que, en el cátodo se depositan los iones metálicos, disminuyendo la concentración de la solución adyacente a este. De tal forma que, el aumento en el valor de la diferencia de potencial aplicado a los electrodos desde un generador de corriente, constituye la llamada fuerza electromotriz de polarización.

La corriente que circula por el baño electrolítico, se puede expresar entonces:

$$i = \frac{V - V'}{R} \quad (1.3)$$

Despejando V:

$$V = i \cdot R + V'$$

donde: V : Es la diferencia de potencial aplicado a los electrodos.

V' : La fuerza contraelectromotriz de polarización, y

R : resistencia que presenta el baño.

La densidad ampérica es de gran utilidad en cálculos de la corriente total necesaria, pudiéndose establecer la siguiente relación:

$$i = A \times D \quad (1.4)$$

En la cual A es la superficie total de las piezas a recubrir

en decímetros cuadrados y D es la densidad de corriente en Amp/dm².

3. CALCULO DEL PESO DE UN METAL DEPOSITADO

En una instalación para galvanización, es difícil encontrar electrolitos constituidos por soluciones puras, predominando la presencia de baños de composición variada, algunos de los cuales pueden contener sales conductoras y ácidos libre; éstos participan de la conducción de la corriente eléctrica pero no producen fijación de metal sino de hidrógeno.

De modo que observamos que todos los baños no entregan la cantidad teórica que menciona Faraday, sino ligeramente menor. Se dice que el rendimiento de un baño es la relación entre la cantidad real depositada y la teórica, representado por la letra η y se expresa en porcentaje.

El calculo del peso del metal depositado se puede realizar por medio de la expresión:

$$G = E_q \cdot i \cdot t \cdot \eta \quad (1.5)$$

donde: G : es la cantidad del metal depositado en gramos.

E_q : es el equivalente electroquímico del metal en gr/amperios-hora,

i : intensidad de corriente aplicada en amperios.

t : tiempo requerido de la operación en horas, y

η : es el rendimiento de corriente.

*Para la superficie catódica A (en dm²) se determinara la

cantidad depositada por dm^2 mediante la expresión:

$$G = \frac{\text{Eq} \cdot i \cdot t \cdot \eta}{A} \quad (1.6)$$

A

En la TABLA 5 se dan valores para efectuar los cálculos correspondientes.

4. CALCULO DEL TIEMPO DE ELECTROLISIS

El tiempo necesario para obtener un depósito determinado se puede conocer a partir de la relación siguiente:

$$t = \frac{S \cdot d \cdot 10}{\text{Eq} \cdot D \cdot \eta} \quad (1.7)$$

donde: S : es el espesor del depósito metálico en milímetros

d : peso específico del depósito

D : Densidad de corriente en Amp/dm^2

Si se desea saber cuanto tiempo en horas se necesita para una determinada cantidad G en g/dm^2 de depósito se deberá utilizar la siguiente fórmula:

$$t = \frac{G}{Eq \cdot D \cdot \eta} \quad (1.8)$$

Para calcular el tiempo en horas necesario para depositar una cantidad total G en gramos, se puede utilizar esta relación:

$$t = \frac{G}{Eq \cdot i \cdot \eta} \quad (1.9)$$

5. CALCULO DEL ESPESOR

El espesor S en mm de un deposito galvánico sobre una superficie catódica en dm se puede calcular a partir de la fórmula:

$$S = \frac{Eq \cdot t \cdot i \cdot \eta}{d \cdot A \cdot 10} \quad (1.10)$$

Así tenemos que para un dm^2 de superficie:

$$S = \frac{Eq \cdot t \cdot D \cdot \eta}{d \cdot 10} \quad (1.11)$$

ésto es:

$$S = \frac{d \cdot A \cdot 10}{\dots}$$

6. CALCULO DE LA INTENSIDAD Y DENSIDAD DE CORRIENTE

La intensidad de corriente i (en amperios) necesaria para producir un determinado espesor S (mm) es dada por:

$$i = \frac{S \cdot d \cdot A \cdot 10}{\dots} \quad (1.12)$$

Eq . t .

Por lo tanto, la densidad de corriente viene determinada por la expresión siguiente:

$$D = \frac{S \cdot d \cdot 10}{\dots} \quad (1.13)$$

Eq . t .

En la TABLA 5 se dan los valores respectivos para realizar cualquier cálculo.

TABLA 6

CONSTANTES QUIMICAS Y ELECTROQUIMICAS DE LOS METALES

Nombre	Símbolo	Densidad	Valencia	Equivalente	gramos	oz
					Químico	amp-hr
					ETA=100% (0.001")	
Plata	Ag	10.5	1	107.9	4.0274	0.79**
Cadmio	Cd	8.65	2	56.2	2.0968	0.71
Cobalto	Co	8.9	2	29.5	1.0094	0.74
Cobre*	Cu	8.93	2	31.8	1.1858	0.74
Hierro*	Fe	7.9	2	27.9	1.0420	0.65
Plomo	Pb	11.35	2	103.6	3.8654	0.94
Niquel	Ni	8.9	2	29.3	1.0948	0.74
Zinc*	Zn	7.14	2	32.7	1.2210	0.59
Rodio	Rh	12.4	3	34.3	1.2797	0.95**
Cromo	Cr	7.1	6	8.7	0.3234	0.59

* sulfato

** oz troy

TABLA 7

POTENCIALES NORMALES DE REDUCCION (25 C. H)

REACCION	POTENCIAL, Eo (voltios)	
$Au + 3 e = Au$	+ 1.402	
$O + 4 H + 4 e = 2H_2O$	+ 1.229	Catódico
$Pt + 2 e = Pt$	+ 1.2	
$Pd + 2 e = Pd$	+ 0.987	
$Ag + e = Ag$	+ 0.799	
$Hg + 2 e = 2 Hg$	+ 0.788	
$Fe + e = Fe$	+ 0.771	
$O + 2 H_2O + 4 e = 4 OH$	+ 0.401	
$Cu + 2 e = Cu$	+ 0.337	
$Sn + 2 e = Sn$	+ 0.15	
$2 H + 2 e = H_2$	0.000	Referencia
$Pb + 2 e = Pb$	- 0.126	
$Sb + 2 e = Sb$	- 0.136	
$Ni + 2 e = Ni$	- 0.250	

$\text{Co} + 2 \text{e} = \text{Co}$	- 0.277	
$\text{Cd} + 2 \text{e} = \text{Cd}$	- 0.403	
$\text{Fe} + 2 \text{e} = \text{Fe}$	- 0.440	
$\text{Cr} + 3 \text{e} = \text{Cr}$	- 0.744	
$\text{Zn} + 2 \text{e} = \text{Zn}$	- 0.763	
$\text{Al} + 3 \text{e} = \text{Al}$	- 1.662	
$\text{Mg} + 2 \text{e} = \text{Mg}$	- 2.363	
$\text{Na} + \text{e} = \text{Na}$	- 2.714	
$\text{K} + \text{e} = \text{K}$	- 2.925	Anódico

6.4. BIBLIOGRAFIA

1. MANUAL DEL INGENIERO MECANICO. Volumen 3. Segunda edición en español. McGRAW-HILL DE MEXICO, s.a., 1984.
2. METALS AND PLASTICS PUBLICATIONS, INC. Acabados Metálicos. New York, 1986.
3. MODERN PLASTICS ENCYCLOPEDIA. October 1986. Volume 63. Number 10 A. A Mc Graw - Hill Publication.
4. PACHUCHO NELSON. Tesis de Grado: Influencia de la corriente y voltaje en la electrodeposición de Cobre. ESPOL. Guayaquil. 1989.
5. M & T CHEMICALS INC, Boletín Técnico: Procesos de Cobreado, Niquelado y Cromado. New Jersey. 1972.
6. OMI. Boletín Técnico: Procesos de Cobreado, Niquelado y Cromado. Michigan. 1972.
7. PLATING PLATES MAGAZINE. Determinación de Esfuerzos en

depósitos duros de Níquel. Enero 1964.

8. RICHARDSON. Boletín Técnico. Efectos de algunas variables sobre el esfuerzo interno del Níquel como depósitos de sulfatos. Illinois, Enero 1966.
9. SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS CONGRESS. Exámen Metalográfico del mecanismo de corrosión en plásticos plateados. Detroit Michigan, Enero 13-17 de 1969.
10. PLATED PLASTIC INDUSTRIES INC. Boletín Técnico. Electroplateado en Plásticos. New York, 1984.
11. THE UDYLITE COMPANY, Boletín Técnico. Procesos de Cobreado, Níquelado y Cromado. Michigan, 1974.