

116
2ej



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA

**IMPLEMENTACION DE UN
LABORATORIO DE RECUBRIMIENTOS
ELECTROLITICOS**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

Ingeniero Mecánico Eléctricista

P R E S E N T A:

Juan Roberto Robledo González

Director: ING. ARMANDO ORTIZ PRADO



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

INDICE

INTRODUCCION.....	1
CAPITULO I: PREPARACION DEL MATERIAL.....	5
1.1 PROCEDIMIENTOS MECANICOS.....	5
1.2 CONTAMINANTES PRESENTES EN LAS SUPERFICIES.....	7
1.3 LIMPIEZA DE GRASAS Y SOLIDOS.....	8
1.4 SOLVENTES Y VAPORES ORGANICOS.....	10
1.5 LIMPIADORES EMULSIFICADOS.....	11
1.6 SOLUCIONES ALCALINAS.....	12
1.7 LIMPIEZA ELECTROLITICA.....	12
1.8 FORMULAS ALCALINAS.....	14
CAPITULO II ELIMINACION DEL OXIDO.....	16
II.1 PROCESO DE DECAPADO.....	17
II.2 DECAPADO ELECTROLITICO.....	18
II.3 ACTIVACION.....	18
II.4 SOLUCIONES PARA DECAPADO DEL ACERO.....	18
II.5 SOLUCIONES PARA DECAPADO DEL ALUMINIO.....	19
II.6 SOLUCIONES PARA DECAPADO DEL COBRE.....	20
II.7 SOLUCIONES PARA ACERO INOXIDABLE.....	21
CAPITULO III REVERTIMIENTOS ELECTROLITICOS.....	23
III.1 DEPOSITOS DE COBRE.....	23
III.2 DEPOSITOS DE NIQUEL.....	31
III.3 DEPOSITOS DE CROMO.....	39
CAPITULO IV PREPARACION DE LOS BANCOS UTILIZADOS.....	45
IV.1 DESENGRASE A BASE DE COBRE.....	45
IV.2 DECAPADO-ACTIVADO.....	46
IV.3 BANCOS DE COBRE.....	47
IV.4 NIQUEL BRILLANTE.....	50
IV.5 CROMO BRILLANTE.....	57

IV.6 CONDICIONES COMPLEMENTARIAS.....	59
CAPITULO IV: DESARROLLO EQUIPOS E INSTALACION.....	62
V.1 RESISTENCIA DE LOS BAROS.....	67
V.2 MEDIDA DEL ESPESOR.....	64
V.3 PROCESOS PARA DEPOSITOS ELECTROLITICOS.....	66
V.4 EQUIPO UTILIZADO EN EL LABORATORIO.....	69
ANEXO A: CONCEPTOS BASICOS.....	74
ANEXO B: CONTROL DE LOS BAROS ELECTROLITICOS.....	84
ANEXO C: DESMETALIZACION.....	90
BIBLIOGRAFIA.....	93

CAPITULO I

PREPARACION DEL MATERIAL

Hasta ahora no se ha mencionado un punto de gran importancia para la obtención de recubrimientos electrolíticos firmemente adheridos. Este punto se conoce como preparación de superficies y se desarrollará aquí por ser de capital importancia en toda la industria que se dedique a obtener recubrimientos electrolíticos sobre piezas industriales u ornamentales.

La preparación de los artículos a tratar constituye uno de los factores más importantes, pues si ésta fue apropiada se obtendrán depósitos adherentes, uniformes y tensos, listos para desarrollar en forma efectiva sus cualidades protectoras, así como sus características ornamentales.

Debido a los procesos mediante los cuales son fabricados los artículos que requieren una protección electrolítica, las superficies presentan gran variedad de irregularidades e impurezas de composición muy variada, encontrándose escamas, virutas, rebabas, óxidos, grasas y aceites, polvo, etc., que deben ser eliminados con la ayuda de métodos mecánicos, químicos y electroquímicos.

I.1 PROCEDIMIENTOS MECÁNICOS.

Estos procedimientos tienen por objeto eliminar en primer término los óxidos y los productos del tratamiento térmico a que se haya sometido a los artículos así como eliminar los arañados burdos de los procesos de manufactura como el maquinado, troqueado, rolado, fundición, etc.. En segundo lugar descartar imperfecciones para dejar una superficie tensa, adecuada para acabados ornamentales y resistente a la corrosión.

protección.

En la producción industrial se recurren materiales baratos con los que los artículos pueden ser fabricados económicamente y, mediante finas capas de metales (cobre, cinc, níquel, cromo, plata, oro, etc.), se pueden mejorar y obtener ciertas características y propiedades mecánicas deseadas.

Es un hecho que la mayoría de los materiales metálicos se protegen en la actualidad por métodos galvánicos de electrodeposición, por lo que resulta evidente que los ingenieros íntimamente relacionados con la industria conozcan, en general, los procesos de electrodeposición así como su utilización.

La operación de esta industria se basa en la aplicación de procesos electrolíticos, regidos cuantitativamente por las leyes de Faraday y mediante las cuales es posible obtener películas de diversos metales y aleaciones sobre la superficie de los artículos tratados, como son los ya mencionados (cobre, níquel, cromo, cinc, latón, bronce, plata, oro, etc.). Los espesores de las películas depositadas van desde unas décimas de micra hasta cincuenta micras y, en casos especiales, alcanzan valores superiores.

El desarrollo del proceso de electrodeposición es sencillo. Los artículos, a tratar se introducen en una celda electrolítica recibiendo una corriente eléctrica negativa haciendo la función de cátodo. La solución de la celda está constituida por una o varias sustancias químicas entre las que se encuentran sales del metal que se va a depositar. El circuito eléctrico se cierra con la ayuda del electrodo positivo (ánodo) que puede estar constituido por el metal a depositar o bien, por otro metal insoluble en la solución.

Por tratarse de un procedimiento eléctrico, es necesario contar con una fuente de energía capaz de proporcionar corriente continua. Los dispositivos generados de este tipo de corriente pueden ser baterías estacionarias, generadores de corriente continua o rectificadores metálicos (de sulfuro de cobre, óxido de cobre y selenio o de germanio).

En muchas ocasiones es obligado utilizar dos o más recubrimientos con el objeto de lograr la combinación adecuada para cumplir con los fines deseados, como en el caso del cromado de piezas automotrices en el que es necesario un recubrimiento previo de níquel, con lo cual se logra cubrir las necesidades de resistencia a la corrosión en diferentes medios.

La industria de la galvanoplastia exige una serie de equipos especiales para su funcionamiento constituidos principalmente por fuentes de energía eléctrica, tanques de almacenamiento para soluciones electrolíticas, equipos de filtración, sistemas agitadores, sistemas de calentamiento, etc., además de una serie de sustancias y productos de patente que van de acuerdo con el tipo de acabado que se practique.

La operación de electrodeposición consiste, básicamente, en cubrir superficies metálicas con una capa protectora de los metales mencionados, la cual debe permanecer firmemente adherida.

Durante su ejecución es necesario tomar en cuenta todos los factores que intervienen para lograr buenos resultados. Los más importantes son: grado de acidez o basicidad, temperatura de operación, densidad de corriente, concentración de la solución, composición de los ánodos, voltaje, etc.

La combinación adecuada de estas variables proporcionará depósitos uniformes, lisos, libres de picaduras y rugosidades, además de quedar firmemente adheridos al metal base.

En el presente trabajo se describe la implementación de un laboratorio que proporcione acetados de cobre, níquel y cromo con fines didácticos y como complemento práctico en los talleres de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la UNAM.

En este trabajo no se entra al detalle químico del proceso, pues no es el fin, se recomienda a los interesados en profundizar sobre el tema consultar textos especializados.

CAPITULO I

PREPARACION DEL MATERIAL

Hasta ahora no se ha mencionado un punto de gran importancia para la obtención de recubrimientos electrolíticos firmemente adheridos. Este punto se conoce como preparación de superficies y se desarrollará aquí con ser de capital importancia en toda la industria que se dedique a obtener recubrimientos electrolíticos sobre piezas industriales u ornamentales.

La preparación de los artículos a tratar constituye uno de los factores más importantes, pues si ésta fue apropiada se obtendrán depósitos adherentes, uniformes y tensos, listos para desarrollar en forma efectiva sus cualidades protectoras, así como sus características ornamentales.

Debido a los procesos mediante los cuales son fabricados los artículos que requieren una protección electrolítica, las superficies presentan gran variedad de irregularidades e impurezas de composición muy variada, encontrándose escamas, virutas, rebabas, óxidos, grasas y aceites, polvo, etc., que deben ser eliminados con la ayuda de métodos mecánicos, químicos y electroquímicos.

1.1 PROCEDIMIENTOS MECANICOS.

Estos procedimientos tienen por objeto eliminar en primer término los óxidos y los productos del tratamiento térmico a que se haya sometido a los artículos así como eliminar los acabados burdos de los procesos de manufactura como el maquinado, troceado, rolado, fundición, etc.. En segundo lugar descartar imperfecciones para dejar una superficie tensa, adecuada para acabados ornamentales, resistente a la corrosión.

Los tratamientos a seguir dependen del grado de alteración superficial, del objetivo a que se destinen las piezas y del tipo de material con que están elaboradas.

Los métodos más usados para la eliminación de impurezas e imperfecciones de las superficies metálicas son:

- 1.- Decapado por chorro de abrasivo.
- 2.- Pulido.
- 3.- Pulido al bombo.

Decapado por chorro abrasivo.- Este procedimiento tiene como objeto eliminar las capas de óxido de casi todos los metales, mediante la inyección a presión de una sustancia abrasiva dirigida sobre las superficies a tratar.

La operación se lleva a cabo por diferentes medios, utilizando diversos tipos de abrasivos, como arena, piedra pómez, sustancias sintéticas, sustancias orgánicas como cascarrilla de tierra de cereales, cáscaras de nuez, etc. El tamaño de estas sustancias puede variar de 80 a 500 mallas y la presión con que se aplican varía de 5.6 Kg/cm^2 a 8 Kg/cm^2 .

Pulido.- Este tiene por objeto eliminar asperezas, películas metálicas alteradas de espesor regular o imperfecciones superficiales. El pulido por medios mecánicos constituye un antiguo arte que en la actualidad conserva aún esa característica y el cual es llevado a cabo, generalmente, con máquinas operadas manualmente por obreros especializados.

Esta operación está dividida en dos partes llamadas pulido y bruñido o abrillantado respectivamente. La primera consiste en el pulido, usando abrasivos aglutinados y la segunda en procesos que utilizan abrasivos muy finos contenidos en

Substancias lubricantes.

Pulido al bombear. - Este tipo de pulido es aplicable a la preparación de objetos pequeños, generalmente fundiciones, que no contengan superficies susceptibles a ser deformados, como cuerdas o maquinados en general.

El modo de realizar esta operación consiste en introducir los objetos a tratar en un barril de acero, de forma poligonal, provisto de un dispositivo que le permita girar a velocidades del orden de 30 metros por minuto. El movimiento puede ser horizontal o inclinado, según sea el tipo de piezas para tratar de facilitar el pulido.

La carga del bomo está constituida por los propios artículos a tratar y por un material abrasivo adecuado al tipo de operación que se desea efectuar. Por ejemplo para el desbaste se pueden utilizar pedacería de tubo, anillos, láminas, bolas de acero, alumina, granito, etc.

I.2 CONTAMINANTES PRESENTES EN LAS SUPERFICIES.

Antes de aplicar los depósitos electrolíticos se debe procurar que las superficies del metal a recubrir estén perfectamente limpias.

Comúnmente se puede dividir en tres clases a las impurezas presentes sobre las superficies metálicas, la primera clase se designara como grasa o mugre e incluye compuestos grasosos o aceitosos que han sido aplicados para prevenir la corrosión durante el almacenamiento así como aquellas que se aplican durante las operaciones de maquinado y corte, también pueden considerarse las ceras y grasas presentes en la operación de esmerillado y pulido que tienen el fin de hacer más tersas las

superficies metálicas a recubrir.

La segunda clase de impurezas incluye a todas las partículas que no se derivan de la base metálica como son abrasivos, pulidores y esmerilladores, así como cualquier otro polvo que se pueda adherir a la superficie grasosa del metal.

Los compuestos metálicos forman el tercer grupo de materiales contaminantes, como son óxidos formados o dejados sobre la superficie metálica como resultado del vaciado, molado, maquinado o tratamiento térmico.

En general, es fundamental quitar toda sustancia extraña de la superficie del metal antes de proceder a aplicar algún recubrimiento electroлитico. Cabe mencionar aquí que bajo cualquiera de los procedimientos prácticos y comerciales, las superficies metálicas muy raras veces pueden quedar absolutamente limpias por lo que se deberá procurar que queden lo más limpias posible, con lo que se obtendrán mejores resultados durante la electrodeposición.

Un grave problema al que se enfrentan los galvanizadores acerca de la limpieza de los metales, es la dificultad para definir cuando está limpia la superficie, en la práctica común se usa la prueba visual de la humectación de superficie. Esta prueba consiste en observar que no existan rupturas en la película de agua que se forma al enjuagar las piezas, aunque la prueba sea positiva no es evidencia contundente de que la superficie se encuentre libre de impurezas pero, en los talleres, se toma como buena.

1.3 LIMPIEZA DE GRASAS Y SÓLIDOS.

En general, los compuestos aceitosos o grasosos que

pueden encontrarse en las superficies metálicas pueden dividirse en dos grupos: Aquellos que son saponificables y aquellos que no lo son; esto, en función de que reaccionen con Alcalis para formar jabones o no. Los compuestos saponificables más sencillos son las grasas, por ejemplo la estearina (presente en la mayoría de los productos para pulido de superficies). La estearina es un éster, esto es, una sal orgánica conocida como triestearato de glicerilo formado por la combinación de la glicerina, que es un alcohol y del ácido esteárico que es un ácido graso. Cuando la estearina reacciona con un Alcali como el hidróxido de sodio, se saponifica, es decir, que se convierte en un jabón con la liberación de glicerina. Esta reacción, que se utiliza para fabricar jabón, la podemos escribir así:



Reacciones similares tienen lugar entre los Alcalis y otras grasas comunes.

Muchos de los aceites y de las grasas no saponificables están constituidos por hidrocarburos, es decir, compuestos de hidrógeno y carbono derivados del petróleo. Estos pueden variar en consistencia desde los líquidos muy ligeros como la gasolina, hasta aceites lubricantes. Estas sustancias son prácticamente inafectadas por soluciones alcalinas y, por lo tanto, pueden eliminarse mediante procedimientos físicos.

Existen tres métodos principales para quitar las grasas y los aceites. El primero utiliza solventes orgánicos en los cuales se disuelven la mayor parte de las grasas y aceites. Este

Método se conoce como limpieza por solventes o desengrase al vapor.

En el segundo método, conocido como limpieza por emulsificación, la superficie se trata con un aceite que contiene un agente humectante que forma con la grasa presente una emulsión que puede ser enjuagada fácilmente.

En el tercer método la limpieza se lleva a cabo mediante soluciones alcalinas con o sin paso de corriente, en el caso de que se use corriente se denominará limpieza electrolítica.

En la mayor parte de los procesos comerciales, se elimina parte de la grasa mediante solventes y la limpieza final se lleva a cabo mediante desengrase electrolítico en soluciones alcalinas.

I.4 SOLVENTES Y VAPORES ORGANICOS.

Casi todos los líquidos orgánicos tienen acción solvente sobre las grasas. Los solventes utilizados para la limpieza de metales se limita a aquellos que reúnen los siguientes requisitos: no inflamables, no tóxicos, no corrosivos, volátiles y capaces de disolver las grasas y aceites presentes. Las mezclas de gasolina con solventes clorados como el tetracloruro de carbono no son inflamables y, por tanto, se usan frecuentemente.

Recientemente el limpiador orgánico más usado es el tricloroetileno (C_2HCl_3) y frecuentemente el tetracloro-etileno o percloroetileno, conocido también como perclor.

El desengrase mediante vapor tiene la ventaja de que la potencia solvente de los compuestos es más considerable, pero tiene la desventaja de que requiere de mayores cuidados debido a

la toxicidad de algunos compuestos como los solventes clorados.

I.5 LIMPIADORES EMULSIFICADOS.

Ultimamente se ha desarrollado un nuevo método para eliminar la grasa, suciedad, etc., se trata de un solvente, por ejemplo, tricloroetileno el cual es mezclado con un agente emulsionante. El artículo es introducido en este producto y después en agua, la cual dispersa el limpiador formando una emulsión que quita la grasa. En algunos casos se utilizan dos operaciones, como se mencionó, mientras que en otros se utiliza solamente un baño, donde se mezcla la emulsión limpiadora con agua para formar una solución lechosa que quitará la grasa directamente.

La mayor parte de estas soluciones limpiadoras son fórmulas privadas. Normalmente contienen algún tipo de solvente, un agente emulsionante y con frecuencia agentes humectantes. Es importante que se use agua suavizada de otra forma puede destruirse la emulsión.

Una emulsión limpiadora tiene la ventaja de que a temperaturas elevadas, la mayor parte de las grasas son solubles en aceites o en hidrocarburos de altos puntos de ebullición como son las kerosinas, que son mucho más baratas que los solventes clorados. Además, mezclados con algún agente humectante adecuado, puede ser jabón, se retira fácilmente junto con la grasa mediante una solución acuosa.

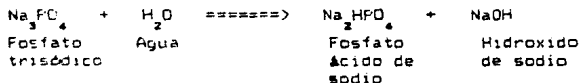
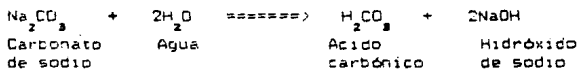
Al igual que con los solventes, la limpieza mediante emulsiones se considera preliminar a una limpieza electrolítica o por inmersión.

I.6 SOLUCIONES ALCALINAS.

Como se ha dicho antes, la grasa puede retirarse de la superficie de un metal mediante soluciones alcalinas como es la sosa cáustica.

Todos los limpiadores alcalinos modernos incluyen el uso de sales, las cuales se hidrolizan en soluciones acuosas formando soluciones alcalinas, o sea, con un pH superior a 7.

La hidrólisis de una sal tiene lugar siempre que la base sea más fuerte, o sea, más disociable que el ácido con el que se encuentra combinada la sal. La hidrólisis de sales típicas usadas en la limpieza alcalina se ilustra en las siguientes ecuaciones:



A estas sales se les acostumbra llamar álcalis, soluciones de este tipo tienden a mantener un pH constante. El pH deseable y permisible para un limpiador depende parcialmente del metal a limpiar.

Las soluciones para limpieza estan compuestas principalmente de sosa cáustica, carbonato de sodio, fosfato tribásico de sodio, metasilicato de sodio y cianuro de sodio, se pueden utilizar diversas mezclas de estos materiales de acuerdo con los propósitos para los que se necesite el limpiador.

Puede agregarse también un agente humectante para reducir la tensión superficial, lo que además aumentará el poder detergente del limpiador. La mayor parte de los agentes humectantes consisten en compuestos aromáticos sulfonados como lo es el teepol (un alcohol sulfonado). Normalmente estas soluciones pueden ser usadas hasta el punto de ebullición, siendo lo más común mantenerlas entre 40 y 60 grados centígrados.

1.7 LIMPIEZA ELECTROLITICA.

Todas las soluciones alcalinas calientes tienen una acción limpiadora sobre los metales, pero el tiempo requerido para producir una superficie limpia varía con la composición del limpiador y con el tipo de grasa que se va a retirar. Pronto se observó que la limpieza electrolítica es más rápida que la inmersión, en general, este proceso implica el paso de corriente a través de soluciones alcalinas calientes.

Generalmente los mismos tipos de compuestos son usados en las soluciones de limpieza electrolítica y en las de inmersión, debiendo seleccionarse en tal forma, que proporcionen soluciones que permitan la fácil circulación de corriente eléctrica. Otro factor importante es evitar soluciones que produzcan grandes cantidades de espuma, pues durante la limpieza se liberan grandes cantidades de hidrógeno y oxígeno que se pueden acumular en la espuma, teniendo latente siempre el peligro de alguna explosión al producirse algún falso contacto que genere chispas eléctricas en las barras.

En la limpieza electrolítica, los artículos a limpiar pueden funcionar como ánodos o como cátodos, el procedimiento más común es hacer que sean el cátodo puesto que el hidrógeno desprendido en su superficie ayudará a remover y desprender cualquier cantidad de grasa presente.

Para limpiar el acero se usa una solución limpiadora a base de cobre. De hecho, es una solución de cloruro de cobre, con un alto contenido de cloruro y una pequeña proporción de cobre. La solución funciona como un limpiador electrolítico, quitando la grasa y depositando una delgada capa de cobre. Puesto que el cobre solamente deposita cuando la superficie está limpia es posible verificar, al retirar el artículo, si este ha sido tratado correctamente.

1.8 FORMULAS DE SOLUCIONES ALCALINAS.

a) SOLUCION FUERTE.

Sosa cáustica	(NaOH)	37.5 gm/lt
Carbonato de sodio	(Na ₂ CO ₃)	25 gm/lt
Fosfato trisódico	(Na ₃ PO ₄ · 12H ₂ O)	6.0 gm/lt
Agente humectante	(Teepol)	1.5 gm/lt
Temperatura		80-95 °C

b) SOLUCION MEDIA.

Sosa cáustica		12.5 gm/lt
Carbonato de sodio		25 gm/lt
Fosfato trisódico		12.5 gm/lt
Metasilicato de sodio	(Na ₂ SiO ₃ · 5H ₂ O)	12.5 gm/lt
Agente humectante		0.75 gm/lt
Temperatura		80-90 °C

c) SOLUCION LISERA.

Fosfato trisódico		25 gm/lt
Metasilicato de sodio		25 gm/lt
Agente humectante		0.75 gm/lt
Temperatura		80-90 °C

Esta última solución puede utilizarse para la limpieza del aluminio.

d) SOLUCION ELECTROLITICA.

Carbonato de sodio	12.5 gm/lt
Fosfato trisodico	25 gm/lt
Agente humectante	1.5 gm/lt
Temperatura	80-90 °C
Voltaje	6 V
Densidad de corriente	10 A/dm ²

e) SOLUCION A BASE DE COBRE.

Sosa caustica		50 gm/lt
Cianuro de sodio	(NaCN)	50 gm/lt
Carbonato de sodio		50 gm/lt
Cianuro de cobre	(CuCN)	25 gm/lt
Temperatura		50-60 °C
Densidad de corriente		4-6 A/dm ²
Voltaje		4-5 V
Anodos		cobre electrolitico

Estas no son las únicas fórmulas de soluciones alcalinas. Además, depende de la experiencia de los operadores el que funcione o no alguna formulación específica.

Es preciso decir que la mayoría de las casas que se dedican al acabado de metales tiene su propia formulación (variaciones de las anteriores), de acuerdo a sus procesos y necesidades.

CAPITULO II

ELIMINACION DEL OXIDO

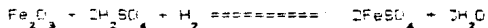
En términos generales resulta necesaria la eliminación del óxido antes del electrorecubrimiento, ya que el tratamiento térmico, soldadura y otras operaciones similares han oxidado la superficie que se va a recubrir, la inmersión en soluciones abrillantadoras y la eliminación de las películas superficiales de óxido son parte importante en los procedimientos para el acabado de los metales.

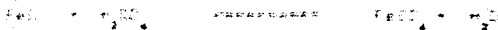
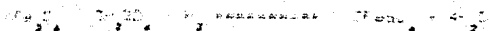
El carácter de los óxidos y cascárrillas en los metales, presenta una gran variación según la forma en que son producidos. Un óxido producido sobre hierro, por oxidación simple bajo condiciones atmosféricas es, en cierta forma, diferente de la cascárrilla producida durante el tratamiento térmico. La mayoría de las capas de óxido varían en composición desde el exterior al interior estando más oxidada la parte exterior.

Por ejemplo, las cascárrillas producidas por el tratamiento térmico del acero consisten principalmente de Fe_2O_3 en el exterior, Fe_3O_4 en su fase intermedia y FeO cerca del metal.

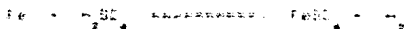
La misma condición se nota, algunas veces, en las aleaciones de cobre con Cu_2O en el interior y Cu_2O en el exterior.

La mayoría de las operaciones de decapado consisten simplemente en la disolución de las capas de óxido en ácido. Para el acero se aplican las siguientes reacciones:





El hidrogeno puede ser producido por la reaccion del acido en el acero:



El mismo tipo de reaccion puede producirse para el acido clorhidrico, fosforico, otros acidos como sigue:



M representa el metal.

Estas reacciones son aceleradas por un aumento en la concentracion del acido, temperatura o agitacion, disminuyen en velocidad segun la solucion se vuelve mas concentrada en el metal que se disuelve.

11.1 PROCESO DE DECAPADO.

El acido utilizado es el agente decapador por excelencia. Esto se debe, en gran parte, a que es el acido de menor costo que se puede emplear para el tratamiento de operacion en caliente. El acido se sumerge en tanques de acido de tal modo que toque todas las superficies; el acido ataca primero a las capas de oxido y luego al desmenuarse la superficie limpia del metal, entonces comienza el ataque al mismo. Cuando se cubre de oxido en un tanque y todas las superficies han estado igualmente expuestas al acido el metal puede ser retirado tan pronto este libre de oxido exterior, de este modo, cuando el ataque se ha detenido, cuando ya no se decapara no es porque se ha debido a que la

capa de óxido no es uniforme o por otros factores, con frecuencia hay un exceso de óxido en algunas áreas, esto produce una superficie extremadamente áspera e inutiliza el trabajo para muchas aplicaciones.

II.2 DECAPADO ELECTROLITICO.

La acción electrolytica puede utilizarse para aumentar la velocidad del decapado ácido. La corriente eléctrica puede ser alterna o continua, con trabajo anódico o catódico, el decapado catódico es el método más rápido.

II.3 ACTIVACION.

Dentro del proceso de electrodeposición después de que la superficie ha sido limpiada, por lo general, queda una película de óxido que debe removerse antes de proceder a aplicar el recubrimiento electrolytico.

El tipo y la concentración del ácido, su temperatura y el tiempo de tratamiento varían con la cantidad y la clase de óxido que se va a limpiar, además del metal base.

Este proceso también sirve para preparar al metal, formando una infinidad de poros microscópicos en la superficie para asegurar el amarre mecánico entre el metal base y la capa depositada.

II.4 SOLUCIONES PARA EL DECAPADO DEL ACERO.

La escoria del hierro y del acero se quita fácilmente por decapado en soluciones de ácido sulfúrico o clorhídrico, esto se logra al sumergir los artículos en solución ácida caliente o dejándolos por bastante tiempo en un baño muy diluido que contenga

en inhibición. Hay muchos inhibidores comerciales disponibles, pero si fuese necesario puede usarse cola para este propósito. La acción de los inhibidores es la de evitar el ataque del ácido sobre el metal base, sin interferir con el ataque sobre la cascarrilla de óxido.

a) DECAPADO LENTO PARA AFLOJAR CASCARILLA.

Solución de ácido sulfúrico	al 2 %
Cola	25 gm/lit
Temperatura	ambiente
Tiempo	varias horas

b) DECAPADO PREVIO (anódico).

Acido sulfúrico (93-96%)	1 lit.
Agua	2 lts.
Temperatura	< 25 °C
Densidad de corriente	< 20 A/dm ²

c) PARA PULIDO.

Acido sulfúrico (93-96%)	55-60 °Baumé
Temperatura	< 25 °C

II.5 SOLUCIONES PARA DECAPADO DEL ALUMINIO.

a) ALUMINIO EN LAMINAS.

Fosfato trisódico ($\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$)	37.5 gm/lit
Temperatura	80-95 °C

Los artículos son introducidos hasta que gasifiquen libremente para ser secados y enjuagados.

EN DECAPADO MÁS PRONUNCIADO.

Dosis caustica	NaOH	25 gm/lit
----------------	------	-----------

Mismas condiciones que el anterior.

II.6 SOLUCIONES PARA DECAPADO DE COBRE.

a) PARA QUITAR OXIDAFILLA.

Acido sulfúrico (93-96%)	1 lit.
Agua	4 lts.
Temperatura	65-75 °C

O:

Acido sulfúrico (93-96%)	1lt.
Picromato de sodio ($\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	75 gm.
Agua	4 lit.

La segunda solución es algo más fuerte y deja los artículos con una delgada película pasivante, la cual ayuda a prevenir el empañamiento. Después del decapado los artículos pueden ser sumergidos en una solución de cianuro de sodio (25 gm/lit) para quitar el empañamiento.

b) SOLUCION ABRILLANTADORA.

Acido sulfúrico (93-96%)	2 lit
Acido nítrico	1 lit
Agua	1 lit

c) SOLUCION MATE.

Acido sulfúrico (93-96%)	1 lit
--------------------------	-------

Acido Nitrico (densidad 1.42)	1 lt
Óxido de zinc (ZnO)	200 gm
Temperatura	70-80 °C

Si el acabado fuese demasiado basto añadir ácido sulfúrico, si fuese demasiado fino añadir ácido nítrico.

d) SOLUCION SEMIMATE.

Bicromato de sodio	19 gm
Acido sulfúrico (93-96%)	62 ml
Agua	1 lt
Temperatura	ambiente

El proceso de decapado deja una superficie libre de óxido pero en forma mate. Los artículos de cobre y de latón pueden ser brillantados por medio de una solución de las mencionadas, la cual les dará una apariencia satinada pero, si no van a recibir un recubrimiento electrolítico necesitarán algún laqueado para proteger el acabado.

II.7 SOLUCIONES PARA ACERO INOXIDABLE.

a) PARA AFLOJAR LA CASCARILLA.

Acido sulfúrico (93-96%)	80 ml/lit
Acido clorhídrico (densidad 1.16)	40 ml/lit
Temperatura	50-70 °C

b) PARA QUITAR LA CASCARILLA.

Acido nítrico (densidad 1.142)	200 ml/lit
Acido fluorhídrico (52 %)	40 ml/lit
Temperatura	60-70 °C

c) DECAFADDE ABRILANTADOR.

Acido clorhidrico (densidad 1.16)	250 ml/lit
Acido nitrico (densidad 1.42)	22 ml/lit
Temperatura	60-70 °C

d) PARA ACABADO BLANCO MATE.

Sulfato ferrico ($Fe_2(SO_4)_3$)	80 gm/lit
Acido fluorhidrico (52 %)	40 ml/lit
Temperatura	70-80 °C
Tiempo	5-15 min.

CAPITULO III

RECUBRIMIENTOS ELECTROLITICOS

La aplicación de capas metálicas mediante procesos de electrodeposición se realizan sobre artículos cuya utilización exige que estén expuestos a condiciones de corrosión que el metal base no sería capaz de resistir por sí solo y si estos artículos fueran elaborados íntegramente con el metal o aleación que forma el recubrimiento serían incostrables; otra fuente de objetos que requieren de este proceso son aquellos cuya función principal es el ornato.

En la actualidad, dado el desarrollo industrial que vivimos, se presenta una enorme necesidad de protección y embellecimiento de una gran variedad de artículos. Como ejemplo baste ver a nuestro alrededor: en la calle, en la oficina, en la casa, en el taller, en donde quiera que uno se encuentre, para observar la gran diversidad de objetos que presentan en su constitución películas metálicas electrodepositadas.

De la gran variedad de procesos electrolíticos que existen, y que ya se mencionaron en la introducción, los que mayor consumo industrial tienen son el cromado, el níquelado, el cobrizado, el cincado, el latonado y el cadmiado.

A continuación se desarrolla un estudio del cobrizado, níquelado y cromado (pues son los que se aplicarán en el laboratorio), así como su control.

III.1 DEPOSITOS DE COBRE.

Existen dos tipos principales de baños de cobre y son los siguientes:

- 1) Baños ácidos a base de sulfato de cobre en medio ácido.
- 2) Baños alcalinos a base de cianuro en medio alcalino.

Cada uno de los cuales tienen sus ventajas y desventajas.

Los baños de sulfato son más baratos que los baños de cianuro. Los baños de cianuro son más estables que los de sulfato, de aquí que se requiere menos tiempo y atención para controlarlos y pueden conservarse en tanques de acero ordinario; los baños ácidos requieren de tanques forrados de plomo, hule o material plástico. Los baños alcalinos algunas veces se emplean para proteger áreas determinadas de acero contra el endurecimiento exterior, además de que este tipo de baño es el más usado en el proceso de cromado.

La mayoría de los baños de sulfato no pueden ser utilizados para galvanizar directamente sobre acero o cinc pues tienden a depositar cobre por inmersión en una forma no adherente, de aquí que los baños de cianuro sean empleados para depositar al menos una capa inicial de cobre.

Los baños ácidos de cobre se usan principalmente en electrotipia y otras aplicaciones de electroformación, por ejemplo, de matrices fonográficas y para depósitos de cobre relativamente gruesos.

III.1.1 BAÑOS ACIDOS DE COBRE.

a) BAÑO ACIDO.

Los dos componentes esenciales son el sulfato de cobre y el ácido sulfúrico. La sal proporciona los iones metálicos y el ácido sirve para reducir la resistividad, disminuye la concentración del ión metálico y evita la precipitación de sales

BANOS CUPROSOS O CUPRICO.

La mayoría de las formulaciones para este tipo de baño se encuentra dentro de los siguientes límites:

Sulfato de cobre	185-260 g/lit
Acido sulfúrico	44-81 g/lit
Temperatura	20-50 °C
Densidad de corriente	2-10 A/dm ²
Tanque	Plomo, hule, etc.
Anodos	Hierro colado o cobre electrolítico.
Filtración	Continua especialmente en recubrimientos gruesos.
Voltaje	6 V

Uso: Depósitos gruesos de cobre a cualquier espesor. También como depósito de bruñido fácil.

Se puede emplear sobre todos los metales ferrosos con previo cobreado fijador. Bajo depósitos de níquel-cromo para recubrimientos protectores. Para electroformado, electrotipia, rodillos de imprimir para textiles, rotograbado y otras muchas aplicaciones.

La composición de los baños ácidos de cobre puede variar ampliamente, la limitante es el hecho de que el aumento de ácido sulfúrico disminuye la solubilidad del sulfato de cobre.

Debido a que los depósitos de cobre de este tipo de baños muestra una tendencia a la formación de estructura dendrítica, se emplean frecuentemente agentes aditivos, más que para baños alcalinos.

Los baños acídicos para cobre incluyen azúcares, como melaza o dextrosa comercial. Además se utiliza el ténico y ácido carbónico que producen depósitos más tensos y duros en electrolisis.

MANTENIMIENTO DE LOS BAÑOS.

Estos baños en uso constante tienden a elevar el contenido de cobre y a disminuir el contenido de ácido, siendo en muchas ocasiones necesario aumentar solo el contenido de ácido.

La tendencia a formar cobre en el baño se puede evitar en parte:

- 1) Quitando los ánodos de la solución cuando no esté en uso.
- 2) Usando ánodos de plomo en lugar de cobre.
- 3) Aplicando un contravoltaje cuando no esté en uso el baño (de una fracción de volt).

En resumen, el cobricado en baños ácidos no puede ser aplicado directamente sobre acero o cinc debido a la formación inmediata de una capa de cobre no adherente por simple inmersión. Se usan principalmente para obtener depósitos duros. Algunas formulaciones comerciales adicionan diversos agentes con el fin de aumentar la calidad del depósito así como su resistencia a agentes físicos y químicos, aumentando su brillantez, adherencia, etc..

b) BAÑO DE COBRE-FLUORATO.

composición	bajo cobre	alto cobre
Fluorato de cobre (Cu_2F_6) ₂	205 gm/lit	450 gm/lit
Acido fluorobórico (HBF_4)	al pH	al pH

condiciones:

pH	0.8-1.7	0.5
Temperatura, °C	25-75	25-75
Densidad de corriente, A/dm ²	7.5-12.5	12.5-35
Agitación	Recomendable	Idem
Anodos	Cobre	Cobre
Filtración	Recomendable	Idem
Voltaje, V	5	6-12

Uso: Aplicación de gruesos depósitos de cobre a cualquier espesor requerido. Sobre todos los metales de base, después del cobrizado fijador. Recubrimiento de alambres de acero y electroformado en general.

c) BANO DE COBRE-PIROFOSFATO.

Pirofosfato de cobre	(Cu ₂ P ₂ O ₇ ·3H ₂ O)	110 gm/lt
Pirofosfato de potasio	(K ₄ P ₂ O ₇ ·10H ₂ O)	404 gm/lt
Amoniaco (29 %).		9.08 ml/lt
Relación P ₂ O ₇ /Cu		7

Condiciones:

pH	8.2-8.8
Temperatura, °C	43-60
Densidad de corriente, A/dm ²	1-7.5
Voltaje, V	2-5
Anodos	Cobre

Uso: Recubrimiento previo para niquelado y cromado brillantes, detenedor para carburización y nitruración, recubrimientos gruesos para usos industriales. Para

... resulta a medida de las necesidades de los usuarios...
 ... para los departamentos además de una oficina de...
 ... de este sistema de... de... de...

III.1.2 BAÑOS DE CIANURO ALCALINO.

Debido a la creciente demanda del níquelado brillante, se han desarrollado nuevas técnicas para producir a altas temperaturas (temperatura no superior a 60°C) de cobre en solución.

Los baños de cobre al cianuro son usados principalmente para cuatro aplicaciones:

- a) Como recubrimiento previo al pavonado.
- b) Para decoración, dando un terminado oxidado antiguo.
- c) Como recubrimiento previo a un cobricado grueso mediante baños ácidos de cobre.
- d) Como recubrimiento preliminar para níquelar y cromar.

Este último es el más importante y de interés particular.

El grueso de la capa de cobre, como preparación de las subsecuentes capas de níquel y cromo varía con una amplitud bastante considerable principalmente, en base a, costo de operación relativa, sobre el que se está reportando, sirven de ejemplo estos datos:

Metales base.	Espesor de la capa de cobre.
Plomo, acero.	0.0015 a 0.0020"
Latón, bronce.	0.0015 a 0.0020"
Zinc y aleaciones de zinc.	0.0015 a 0.0020"

El recubrimiento que se acostumbra dar al bronce o latón es ordinariamente una mezcla de limpieza predecativa.

La capa de cobre aplicada a objetos de zinc o aleaciones con base de este metal como "zamac", debe de ser suficientemente gruesa de modo que no quede porosa, para evitar la corrosión en la solución de níquel, pues podría dañar el baño.

El recubrimiento de cobre aplicado a los objetos de acero se hace:

- a) Con el fin de obtener una limpieza mejor precedente al recubrimiento de níquel.
- b) Para ahorrar níquel.
- c) En algunos casos se puede cromar sobre el cobre con buenos resultados cuando la capa de cobre es gruesa (0.0006") y cuando los objetos son para interiores.

III.1.2.1 BAÑOS TÍPICOS DE COBRE.

a) BAÑO CIANURO.

Composición:	1	2
	gm/lt	
Cianuro de cobre	22.5	26.2
Cianuro de sodio	33.7	34.5
Carbonato de sodio	15	30
Hidróxido de sodio	al pH	al pH
Sal de Rochelle	-----	45

Condiciones.

pH	12-12.6	12-12.6
Temperatura, °C	30-40	54-71

Densidad de corriente, A/dm² 1-1.5 2-4
 Voltaje 6

Nota: Sal de Rochelle = Tartrato de potasio y sodio
 (NaC₄H₄O₆ · 4H₂O)

Uso: Como recubrimiento fijador sobre todos los metales. se obtienen depósitos delgados.

b) ALTO CIANURO-BASE SODIO.

Composición.	gm/lit
Cianuro de cobre.	120
Cianuro de sodio.	135
Carbonato de sodio.	15
Hidróxido de sodio.	30

Condiciones.

pH	>13
Temperatura, °C	78-82
Densidad de corriente, A/dm ²	3-6
Voltaje, V	6

Uso: Depósitos gruesos y brillantes, requieren previo un coarizado fijador. Producen una capa de cobre fácil de abrillantar para recubrimientos posteriores de níquel-cromo. Se emplean también para prevenir la carbonización de superficies seleccionadas en el acero.

c) ALTO CIANURO-BASE POTASIO

Composición.	g/l
Cianuro de cobre.	50
Cianuro de potasio.	90-7
Carbonato de potasio.	15
Hidróxido de potasio	42

Condiciones.

pH.	9-13
Temperatura, °C	76-82
Densidad de corriente, A/dm ²	3-6
Voltaje, V	6

Uso: Idem anterior.

III.2 DEPOSITOS DE NIQUEL.

El níquel es el metal que más se aplica en la galvanoplastia debido a la amplia diversidad de usos que tiene, tanto en lo que se refiere a los muchos metales base cubiertos, como a los numerosos tipos de artículos galvanizados.

Es bien conocido en la rama de la galvanoplastia, más no por el público en general, que el éxito en el uso del cromado depende de la aplicación previa de una capa de metal que proteja a la base de la corrosión pues las capas de cromo son relativamente porosas y no evitan el contacto del oxígeno con el metal. La experiencia ha demostrado que las capas de níquel son las más adecuadas para proporcionar este tipo de protección.

III.2.1 TIPOS DE BAÑOS DE NIQUEL.

A pesar de las muchas fórmulas de baños para procesos

específicos, prácticamente todas ellas contienen sulfato de níquel, cloruro de níquel, un agente tampón, generalmente ácido bórico.

Prácticamente todos los recubrimientos con níquel se hacen a partir de soluciones ácidas, las que sin embargo tienen un amplio rango de operación respecto al valor del pH para propósitos específicos, por ejemplo de 1.5 a 6.0 .

Durante los últimos años se ha desarrollado satisfactoriamente el níquel brillante, que abarca una gran parte de las aplicaciones para protección y decorado (de este tipo es la solución que se usará en el laboratorio).

La selección del tipo de baño se realiza conforme a sus aplicaciones. Los depósitos para protección contra la corrosión y para una apariencia agradable, previa al cromado, pueden ser de tres tipos; opacos, requiriéndose un bruñido posterior; semibrillantes, requiriéndose solo un ligero bruñido; brillante, no requiere bruñido posterior. Cabe mencionar que si se requiere cromar, posterior al bruñido, es necesario activar la superficie de las piezas con ácido sulfúrico diluido al 10 %.

Para resistencia al uso, por ejemplo en placas de impresión, se aplica níquel relativamente duro y resistente. Para la electroformación se prefieren depósitos medianamente duros pero dúctiles.

III.2.2 BAÑOS TÍPICOS DE NIQUEL.

Las siguientes fórmulas representan los principales baños que se usan para el depósito de níquel. Las concentraciones exactas y las condiciones de operación pueden requerir modificaciones para aplicaciones específicas, pero los valores que

se can ser mo. ad. m. 200884

a) NIQUEL SOLO (BAND FRIO DILUIDO).

Sulfato de niquel.	120 gm/lt
Cloruro de amonio.	15 gm/lt
Fluoruro de amonio.	65 gm/lt

b) BANO CALIENTE TIPO WATTS.

Sulfato de niquel.	240 gm/lt
Cloruro de niquel.	45 gm/lt
Acido bórico.	30 gm/lt
pH.	1.5-5.5
Temperatura.	47 °C
Densidad de corriente.	2.7 A/dm ²

c) NIQUEL BRILLANTE.

Típico baño de watts (b) agregando agentes aditivos y un agente humectante.

pH.	2.3-4.5
-----	---------

d) BANO DE ALTO SULFATO.

Sulfato de niquel.	70 gm/lt
Cloruro de amonio.	15 gm/lt
Sulfato de sodio.	160 gm/lt
Acido bórico.	15 gm/lt
pH.	5.5
Temperatura.	20-30 °C
Densidad de corriente.	1.5-3.0 A/dm ²

Usar directamente sobre zinc.

e) BANO PARA ELECTROFIPAJA.

Sulfato de níquel.	70 gm/lit
Cloruro de amonio.	5 gm/lit
pH.	6.0 para moldeo de cera. 5.5 para moldeo de plomo.
Temperatura.	20-30 °C
Densidad de corriente.	1-2 A/dm ²

f) BANO PARA DEPOSITOS DURES.

Cloruro de níquel.	300 gm/lit
Acido bórico.	30 gm/lit
Temperatura.	50 °C
Densidad de corriente.	5-10 A/dm ²

g) BANO DE ALTA VELOCIDAD.

Sulfato de níquel.	200 gm/lit
Cloruro de níquel.	175 gm/lit
Acido bórico.	40 gm/lit
pH.	1.5
Temperatura.	46 °C
Densidad de corriente.	11 A/dm ²

Existe mayor número de formulaciones de baños o variaciones de los anteriores, pero se considera que estos son los más utilizados en aplicaciones generales. Dependiendo de la aplicación específica será el baño a utilizar.

III. 2. 3 ABRILLANTADORES.

El sector científico del Gobierno británico en los últimos años presenta más avances industriales que científicos. Por ejemplo, no se ha podido explicar todavía por qué los abrillantadores en ciertos grupos mecánicamente bien definidos, no se han logrado entender científicamente las funciones o mecanismos de los diferentes complejos orgánicos.

Los abrillantadores se dividen en dos clases que incluyen en el primer grupo: sales de cobalto, ácidos sulfónicos orgánicos, boratruados. El segundo grupo contiene sales de calcio o zinc, aldridos y cetones, así como amino poliarilmetanos. Las sustancias del segundo grupo producen depósitos brillantes pero quebradizos y sus concentraciones son muy críticas. Las sustancias del primer grupo son menos efectivas como abrillantadores, pero los baños las toleran en diferentes concentraciones.

Cuando se considera que un determinado baño de níquel brillante puede contener una sustancia orgánica y una inorgánica de cada clase, más un agente humectante, además de los tres constituyentes normales, es decir, sulfato de níquel, cloruro de níquel y ácido bórico se da una cuenta de que el baño es muy complicado porque el grado de control que se requiere está fuera de la habilidad de un galvanizador práctico, por lo que frecuentemente se recurre a la de un químico. En la práctica, lo difícil es producir depósitos completamente brillantes ha llevado a adoptar depósitos semi-brillantes que requieren de un control más sencillo.

AGENCIAS ANTIRRESACANTES.

En la práctica se considera una tercera clase de abrillantadores, aunque realmente no lo sea, y es el agente

movimiento de los electrodos, para formar y moverse de los electrodos, que se producen en la medida de los gases por burbujas de gas abundante y ruidosa.

El desprendimiento de hidrogeno no es por si solo la causa de la formacion de borras. Para que este se forme, el hidrogeno y otro gas debe emanar en un punto determinado y retenerse ahi el tiempo suficiente para que el metal se deposite a su alrededor.

El principal metodo para evitar el ruido en los depositos de niquel, es el agregar peróxido de hidrogeno y agentes humectantes, así como la purificacion del baño con carbon activado.

III.2.4 CONDICIONES DE OPERACION.

Los cuatro factores importantes que pueden ser controlados en la operacion de un baño determinado de niquel son: pH, temperatura, densidad de corriente y agitacion. Como estos valores son mutuamente independientes y como sus valores optimos varian de acuerdo con el tipo de baño y del metal base sobre el que se deposita, se trata de indicar sus efectos sobre la operacion del baño.

pH - La eleccion del pH depende del tipo de baño y de las propiedades que se deseen en el deposito. En general, en baños de niquel basicos, un aumento del pH especialmente arriba de cinco produce depositos más duros. Recíprocamente los depositos de bajo pH serán más suaves.

En los baños de niquel, el pH se puede ajustar e intervenir por medio de pequeñas adiciones de ácido sulfúrico o hidróxido de sodio. Requiere saber el equilibrio carbonato de

riquez si se requiere sobre el pH de operación.

TEMPERATURA. - En general, es posible aplicar altas densidades de corriente en baños calientes y no en baños fríos. Las ventajas de aplicar altas temperaturas son:

- a) Elevada solubilidad del ríquel u otras sales.
- b) Mayor conductividad.

Entre las posibles desventajas de la alta temperatura están:

- 1) Aumento de la tendencia a la hidrólisis y precipitación de impurezas que pueden causar porosidades.
- 2) Tendencia a que precipiten los agentes abrillantadores.
- 3) Reprecipitación de sales.
- 4) Menor potencia de depósito.

En la práctica se acostumbra usar temperaturas moderadamente altas, de 40 a 50 °C y en casos especiales temperaturas más elevadas.

DENSIDAD DE CORRIENTE. - La densidad de corriente permisible depende de los factores mencionados antes, en algunos baños es posible aumentar la densidad de corriente pero depende en gran parte de la geometría, de los artículos, pues el exceso de corriente ocasiona quemaduras en los mismos.

AGITACIÓN. - La agitación continua permite un recubrimiento más rápido, brillante y uniforme. Una desventaja de la agitación, es el hecho de que suban a la superficie las partículas suspendidas produciendo espumas en el depósito, este aspecto se puede mejorar aplicando filtración continua, con lo que se eliminan las desventajas de este factor.

III. E. 5 NIQUELADO SOBRE DIVERSOS MATERIALES.

NIQUELADO EN HIERRO.- El níquel puede ser depositado directamente sobre acero o sobre una capa delgada o gruesa de cobre. Se sabe que las capas de cobre ejercen buena protección a la corrosión que capas delgadas de níquel, por lo que la tendencia actual es eliminar el baño de cobre. En estos casos, una capa delgada de cobre se utiliza como un paso en el proceso de laminado.

NIQUELADO SOBRE COBRE Y LATÓN.- La práctica más común es aplicar el níquel directamente sobre cobre o latón, seguido por la acostumbrada capa de cromo, si se requiere. Occasionalmente, se aplica sobre el latón una delgada capa de cobre previo al níquel.

NIQUELADO EN CINC Y SUS REACCIONES.- Prácticamente todo el níquelado en cinc es posterior a una capa de cobre en un baño de cianuro. Este procedimiento se justifica por el hecho de que en formas irregulares que se requieren hay una tendencia del cinc de pasarse a la solución en estos puntos de alta densidad de corriente. Este comportamiento no solo conduce a depósitos oscuros en esas áreas sino que también contamina el baño, lo que ocasiona depósitos oscuros en toda la superficie, teniéndose que proceder a una purificación completa de la solución.

NIQUELADO EN ALUMINIO.- Lo más común es darle un tratamiento por medio de inmersión en cincato de sodio al aluminio y a sus aleaciones, lo que produce una capa delgada y adherente de cinc, sobre la cual se deposita cobre en un baño de cianuro. El níquel se aplica como ya se mencionó.

Es posible también anodizar primero el aluminio, es decir, tratarlo anódicamente en un baño apropiado para que forme una película de óxido en la superficie, después de un tratamiento químico adecuado, depositar la meta como el níquel.

III.3 DEPOSITOS DE CROMO.

El uso de baños de precipitados de cromo para recubrimientos industriales y decorativos representa una revolución en la industria de la galvanoplastia, pues implica la deposición del metal a partir de un baño que al, en el que se requieren condiciones de operación con un control mayor que los baños anteriormente usados.

Es posible depositar electroquímicamente cromo a partir de sus sales, como cloruros o sulfatos, pero estos baños no tienen uso comercial debido a que presentan muchas deficiencias y limitaciones por lo anterior, todos los baños comerciales se hacen a base de ácido crómico.

No es factible depositar cromo a partir de ácido crómico puro, experimentos de los iniciadores en este campo así lo demostraron. Para permitir la precipitación del cromo se debe añadir un cierto número de ácidos en cantidades muy pequeñas, incluyendo ácido sulfúrico y ácido fluorhídrico (HF) o sus sales. Prácticamente toda la galvanoplastia moderna del cromo se basa en baños de ácido sulfúrico y ácido crómico, y en casi todos los casos la relación es de 1:100.

Si por error entra al baño un exceso de ácido sulfúrico, el sulfato se podrá remover, en parte, agregando carbonato de bario agitando bien la solución y después reposando el baño para poder decantar el líquido, retirar el precipitado.

III.3.1 TIPOS DE DEPOSITO.

En la práctica es frecuente hacer una distinción entre cromado brillante u ornamental y duro o industrial. En la realidad estos dos tipos de depósitos se producen a partir de soluciones

Estas identidades y bajo las mismas condiciones. La composición y propiedades también son parecidas. Realmente la diferencia consiste en que los depósitos ornamentales son muy delgados, tienen de 0.00125 mm de espesor y se aplican sobre una capa protectora de níquel, latón o zinc. Los recubrimientos industriales o duros tienen generalmente más de 0.025 mm de espesor y se aplican directamente sobre acero y pocas veces sobre otros metales base. Estos recubrimientos están alentos de brillo, debido a la mayor densidad de corriente empleada.

III.3.2 BAÑOS DE CROMO.

Las soluciones de baños de cromo son simples cuantitativamente, son cuando es muy compleja la explicación del desarrollo de sus reacciones intermedias. Estas explicaciones caen dentro del campo de la química, por lo que no se abordará más en el tema.

A continuación se presenta la composición de baños típicos para cromado, así como sus condiciones de operación. Para usos específicos estas composiciones y condiciones de operación pueden variar. Además que en estas composiciones falta incluir los abrillantadores, que son patentados por diferentes casas de productos para la galvanoplastia.

Los abrillantadores agregados a los baños de cromo son aditivos que mejoran las condiciones del depósito como son:

- Velocidad de depósito.
- Dureza.
- Brillantez.
- Textura.
- Adhesión.

a) SOLUCIÓN FUERTE.

Composición:

Acido bromico.	450 g/lit
Acido sulfurico.	4,5 g/lit

Esta solución necesita ser medida en cierta forma. Esto se puede hacer con el elemento 1 haciendo la mezcla con 10,5 g/lit de Acido nitrico; 18 g/lit de Acido tartarico; o 25 g/lit de Acido citrico.

Condiciones de operación:

Temperatura.	40-50 °C
Densidad de corriente.	10-20 Ambs ²
Voltaje.	4-5 V
Ánodo.	Plomo antimoniao; (7.2)

b) SOLUCIÓN DÉBIL.

Composición:

Acido bromico.	250 g/lit
Acido sulfurico.	0,5 g/lit

Esta solución también deberá ser medida de la misma forma que la anterior, solo que se utilizará la mitad de los componentes mencionados en el caso anterior.

Condiciones de operación:

Temperatura.	40-50 °C
--------------	----------

Densidad de corriente.	12-20 ampa ²
Voltaje.	4-8 V
Ánodo.	Plomo antimonial (7 %)

Ambas soluciones son de uso normal. La primera produce un depósito algo más flexible, en tanto que la segunda produce un depósito ligeramente más duro.

En el ácido crómico hay siempre cierta cantidad de sulfato en calidad de impurezas por lo que es conveniente hacer un análisis de la solución después de prepararla.

Las soluciones para cromar tiene un bajo poder de penetración por lo que el éxito de la operación dependerá de la manera en que se coloquen los artículos suspendidos en el baño.

Si se utiliza una densidad de corriente demasiado baja, el depósito aparecerá blanqueado, mientras que si se utiliza corriente de densidad muy elevada el depósito perderá su brillantez y se volverá mate.

Para obtener depósitos gruesos se pueden utilizar las dos soluciones, pero la solución ligera es la más empleada para ese fin.

c) CROMO NEGRO.

Composición:

Acido crómico.	200 gm/lt
Metavanadato de amonio.	20 gm/lt
Acido acético.	2.5 ml/lt

Condiciones de operación:

Temperatura:	15-50 °C
Voltaje:	10-15 V
Densidad de corriente:	50 A/dm ²

Los baños de cromo son propensos a contaminarse con hierro derivado de la limpieza de las piezas o soportes de acero, o de artículos de acero que se limpian químicamente y no se enjuagan correctamente. Este hierro disuelto se presenta casi siempre como óxido férrico ($Fe_2(OH)_2 \cdot 7H_2O$). Otros metales como el cobre y el cinc pueden introducirse, por ejemplo, por solución de compuestos de bronce que caigan al baño. Solo cantidades grandes pueden tener efectos nocivos como reducir el grado de brillantez.

En general, el baño de ácido crómico no es tan sensible a los efectos de las impurezas metálicas como ocurre con otros baños. No hay un método práctico para remover impurezas metálicas por lo que si se retienen en cantidades excesivas, resultaría más conveniente desecar el baño o parte de él.

CONDICIONES DE LOS METALES BASE. - Algunas veces es difícil obtener depósitos de cromo uniformemente brillantes, especialmente sobre algunos tipos de níquel. Esto pasa algunas veces cuando previo al cromado se ha pulido la superficie y con ello al calentarse se oxida el níquel; o cuando depósitos de níquel brillante han reposado mucho tiempo antes de ser recubiertos con cromo. En estos casos, es necesario activar la superficie de níquel justamente antes de aplicar la capa de cromo.

Las siguientes pasos o combinaciones de ellos se pueden emplear para activar el níquel. Cada uno de ellos puede quitar la película pasiva de óxido de níquel.

1. Levantar catódicamente con el potencial a aplicar.
2. Suspensión momentáneamente en ácido clorhídrico concentrado.
3. Aplicar una densidad de corriente anormalmente alta o baja en el baño de cromo por unos segundos antes de ajustarlo a la densidad de corriente normal.

CAPITULO IV

PREPARACION DE LOS BAÑOS UTILIZADOS

En el presente capítulo se presentará la composición de los baños utilizados en este laboratorio, el procedimiento para la preparación de los mismos, las condiciones de operación con que se obtienen los mejores resultados, las características que presenta el baño en cuestión así como el porqué de su elección, además del control y el cuidado que ha que tener tanto en su preparación como durante su operación para obtener los mejores resultados.

Es una buena práctica trabajar con los más altos valores de temperatura y densidad de corriente, limitados por supuesto por la calidad recibida en el depósito, la temperatura, densidad de corriente, agitación y tiempo de depósito, están íntimamente ligados entre sí, dependiendo de esta interrelación son los resultados obtenidos.

IV.1: BAÑO DE DESENGRASE A BASE DE COBRE.

Es un desengrase alcalino electrolítico que quita la grasa y deposita una delgada capa de cobre.

Este baño tiene la ventaja, como se mencionó en capítulos anteriores, de que el cobre se deposita en superficies limpias, por lo que es posible verificar, al retirar el artículo, si éste ha quedado perfectamente limpio.

Otra razón para emplear desengrase electrolítico, es la disminución de tiempo de proceso.

COMPOSICION DEL BANO.

Sosa cáustica	50 gm/lit
Cianuro de sodio	50 gm/lit
Carbonato de sodio	50 gm/lit
Cianuro de cobre	25 gm/lit

CONDICIONES DE OPERACION.

Temperatura	50-60 °C
Densidad de corriente	4-6 A/dm ²
Voltage	4-E

Anodos: Cobre normalmente pero por tratarse de desengrase se usará acero al carbono.

Los artículos a limpiar deberán actuar como cátodos.

PREPARACION DE LA SOLUCION.

- 1.- Llenar la tina con agua hasta 2/3 partes de nivel de trabajo.
- 2.- Calentar el agua hasta 50 °C y adicionar lentamente con agitación todas las sales de una en una.
- 3.- Complementar con agua el volúmen de trabajo y seguir agitando hasta disolver completamente.
- 4.- Calentar a temperatura de trabajo y comenzar ciclo de limpieza.

IV.C BANO DE ENGRASE-ACTIVACION.

Este baño deja la superficie de los artículos prebañada y activada, lista para recibir cualquier metalizante.

COMPOSICIÓN DEL BAÑO.

Acido sulfúrico

4-10 % en volumen
(con agua)

CONDICIONES DE OPERACION.

Temperatura

Ambiente.

Tiempo de inmersión

1-5 min.

PREPARACION DE LA SOLUCION.

- 1.- Llenar la tina hasta 3/4 partes de agua limpia.
- 2.- Adicionar el ácido sulfúrico poco a poco y agitando, evitando las salpicaduras.
- 3.- Llenar con agua limpia hasta volumen de operación.

PRECAUCION: Esta solución es altamente corrosiva por lo que se deben adoptar las debidas precauciones para su preparación y manejo. Usar guantes, goggles, botas, etc.

IV.3 BAÑO DE COBRE.

El recubrimiento con cobre alcalino constituye un método económico para depositar cobre en acabados brillantes o semibrillantes a partir de soluciones cianuradas de alta velocidad de depósito, libre de piquetes y asperezas, siendo además un proceso de fácil control, por lo cual usaremos un baño de este tipo en el presente trabajo.

Los baños de cobre cianurados son usados principalmente para tres aplicaciones:

- a) Como tratamiento previo, para objetos de aluminio.
- b) Para cubrir en deposición, el terminado oxidado antiguo.
- c) Como recubrimiento preliminar para níquelar y cromar. Este último es el más importante, el de mayor interés.

El grueso de la capa de cobre, como preparación de las subsiguientes capas de níquel y cromo, varía con una amplitud bastante considerable, sobre todo en base de costo de operación y material sobre el que se está depositando. Sirvan de ejemplo estos datos:

<u>Metal base:</u>	<u>Espesor de capa de cobre.</u>
Acero	0.00001" a 0.0002"
Latón y bronce	0.00001" a 0.0001"
Cinc y aleaciones de cinc	0.00020" a 0.0010"

El recubrimiento que se acostumbra dar al bronce o latón es ordinariamente como medida de limpieza precautoria.

La capa de cobre aplicada a objetos de cinc o aleaciones con base de este metal como "zamac", debe ser suficientemente gruesa para que no quede porosa, y así prevenir la corrosión en la solución de níquel, por este motivo el mínimo espesor que se indica debe de ser de 0.0002" y de preferencia de 0.0003".

El recubrimiento de cobre a los objetos de acero sirve para:

- a) Obtener una mejor limpieza precedente al recubrimiento de níquel.
- b) Para ahorrar níquel.
- c) El abrillantado de los objetos, si se requiere, es más fácil y seguro hacer por la blancura del cobre.

d) En algunos casos se puede crecer sobre cobre directamente con buenos resultados, cuando la capa de éste es gruesa y los ánodos son para interiores.

COMPOSICION DEL BANO.

Cianuro de cobre	70 gm/lt
Cianuro de sodio	100 gm/lt
Sosa cáustica	22 gm/lt
Abrillantador	1-3 ml/lt

Ánodos Cobre electrolítico.

CONDICIONES DE OPERACION

Temperatura	45-55 °C
Densidad de corriente	2-8 A/dm ²
Voltaje	4-6 V
Tiempo	1-3 min.

PREPARACION DE LA SOLUCION.

- 1.- Llenar la tina hasta 2/3 partes con agua limpia.
- 2.- Adicionar el cianuro de sodio lentamente y con agitación.
- 3.- Adicionar cianuro de cobre, lentamente con agitación.
- 4.- Agitar hasta completar disolución.
- 5.- Adicionar la sosa cáustica y agitar.
- 6.- Ajustar la solución a nivel de trabajo con agua limpia.
- 7.- Colocar los ánodos dentro de la tina.
- 8.- Adicionar el abrillantador, agitar e iniciar cobrizado.

Precauciones. - El electrólito de cobre es una solución fuertemente alcalina, que contiene cianuro, que puede causar severas quemaduras y envenenamiento que puede ser mortal, por lo tanto, la

solución debe manejarse con todos las precauciones que sean necesarias. Sustento el contacto con la piel o los ojos. Usando ropa protectora, mascarilla y guantes de goma, lentes de seguridad, etc. Durante la preparación del baño se genera calor al disolver el cianuro de cobre en cianuro de sodio y la sosa caústica puede provocar que la solución hierba si no se agrega lentamente y con agitación.

Control del baño. - Este se reduce a mantenerlo en condiciones normales, balanceando constantemente la concentración de las sales según la intensidad de trabajo. Periódicamente debe analizarse la solución y del resultado del análisis se derivan las cantidades de cada compuesto que debe añadirse al baño para restablecer la normalidad del mismo.

IV.4 NIQUEL BRILLANTE.

La más importante y extensa operación de la galvanoplastia es, indudablemente, el niquelado. Los revestimientos de níquel son apreciados tanto por el aspecto que confieren a los objetos, como por su alto valor protector contra la corrosión y por su propiedad de robustecer el metal base.

El níquel brillante que utilizaremos representa un notable progreso en el campo del niquelado. Se obtienen depósitos brillantes que no requieren posterior abrillantado, realizando así un notable ahorro de material, mano de obra y tiempo. Las piezas quedan, prácticamente, terminadas al momento de salir del baño por lo que, después del enjuague, pueden pasar directamente al cromado o al secado, según se requiera.

Este baño presenta las siguientes ventajas:

CONDICIONES DE OPERACION:

Voltaje	1-8 volts
Temperatura	55 °C
Densidad de corriente	1-8 A/dm ²
pH	3.5-4.5
Agitación (no indispensable):	Aire o catódica
Filtración (no indispensable):	Continua

FUNCION DE LOS INGREDIENTES

Sulfato de níquel. - Es la principal fuente de los iones níquel y su concentración determina la densidad de corriente, limitante para obtener depósitos de níquel de alta resistencia.

En general, incrementando la concentración de níquel se permitirá el uso de altas densidades de corriente catódica y por consiguiente rangos rápidos de depósitos.

Cloruro de níquel. - Básicamente facilita la corrosión anódica y mejora la conductividad de la solución, en general, incrementando la concentración aumenta la velocidad de depósito y la penetración en las zonas de baja densidad de corriente.

Acido bórico. - Se usa para estabilizar el pH en la película catódica y ayuda a producir blanqueo y alisado, además de favorecer la ductibilidad, brillo y adherencia del depósito. No se recomiendan concentraciones superiores a 60 gm/lit.

Fluoroborato de sodio. - No es esencial para la operación del baño. Sin embargo, si resultara un problema la contaminación con hierro ya sea por las piezas de acero o los ánodos de níquel, el fluoroborato ayudará a mantener el hierro en solución, ayudando así a su eliminación continua. la cantidad a agregar es de 1-2 gm/lit.

Abrillantador 1.- Es el aditivo de penetración, regenerador de brillo y nivelador en el depósito de níquel. Su uso disminuye en el baño la sensibilidad a la presencia de impurezas.

Este abrillantador se puede adicionar sin diluir, pero se deberá tener cuidado de hacer una distribución uniforme a través de todo el baño.

Se gasta primordialmente por electrólisis, aunque puede haber pérdidas cuando se hacen tratamientos con carbón activado. Se puede controlar por simple inspección visual de las piezas procesadas cuando no se cuenta con un laboratorio de análisis.

La falta de este producto se hace sentir cuando a las piezas les hace falta penetración o si los depósitos son oscuros, se tiende a adicionar 1 ml/lit para dar más blancura al depósito. Su consumo varía dependiendo de las condiciones de operación, tersura de las superficies a niquelar, brillantes y nivelación deseada.

Abrillantador 2.- Es el aditivo propiamente responsable del brillo y ductibilidad del depósito. Se puede controlar con simple inspección visual de las piezas procesadas si no se cuenta con un laboratorio de análisis. Si los demás aditivos están dentro de los límites recomendados una alta concentración provocará depósitos de doble capa, además de oscuros. Una deficiencia reduce el brillo del depósito y aparece una mancha azulosa en las zonas de alta densidad de corriente.

Abrillantador 3.- Es el agente humectante, es usado para mejorar la uniformidad y eliminar el piquete en el depósito de níquel.

El piquete es causado por burbujas de hidrógeno que se adhieren al cátodo durante el proceso. La función de este

abrillantador en reducir la tensión superficial del electrolito.

Ánodos. - Se recomiendan ánodos de níquel de alta pureza rolados y depolarizadores o ánodos de níquel rolados al carbón o rondelas contenidas en canastillas de titanio.

Bolsas anódicas. - De polipropileno para evitar que el carbón de los ánodos se encuentre en suspensión.

Temperatura. - Se recomiendan temperaturas entre 50 y 60 °C mantenida por medio de vapor o calentadores de titanio.

pH. - Este deberá ser comprobado por lo menos dos veces en ocho horas. Se deberá mantener en el rango de 3.5 a 4.5.

El pH puede bajarse por medio de adiciones de ácido sulfúrico al 10 % en volumen y puede subirse mediante la adición de carbonato de níquel. No se use amoníaco, sosa cáustica o carbonato de sodio para ajustar el pH.

PREPARACION DE LA SOLUCION

Se debe usar preferentemente una tina auxiliar para preparar el baño nuevo de níquel.

La tina auxiliar y la de trabajo ya deben estar limpias y en condiciones de uso.

- 1.- Llenar el tanque hasta 2/3 partes del volumen con agua limpia.
- 2.- Calentar a 60 °C, mantener esa temperatura y agregar, agitando, el sulfato de níquel.
- 3.- Adicionar el cloruro de níquel.
- 4.- Adicionar el ácido bórico lentamente y agitar hasta completar la disolución.
- 5.- Llevar el pH del baño a un valor de 5, mediante la adición de carbonato de níquel.

- 6.- Añadir el gel de la sapon activado y agitar de 30 a 60 minutos.
- 7.- Añadir el nivel de agua original al 10% volumétrico y agitar 30 minutos más.
- 8.- Reposar la solución de 3 a 4 horas.
- 9.- Filtrar la solución a la tina de trabajo.
- 10.- Agregar la cantidad de agua que falte y ajustar el pH a 4.5.
- 11.- Electrolyzar la solución con cátodos corrugados de acero a una densidad de corriente de 0.2 a 0.5 amp. dm².
- 12.- Reajustar el pH si es necesario.
- 13.- Añadir los abrillantadores y agitar por 10 minutos.
- 14.- Colocar los ánodos en sus canastillas correspondientes y cubrir con las bolsas anódicas.
- 15.- Colocar los ánodos en el baño.
- 16.- Empezar a trabajar.

FRECUENCIAS IMPORTANTES.

- a).- Manténgase la grasa, aceite o productos del pulido fuera de las piezas y fuera de las soluciones para evitar malos depósitos.
- b).- Las piezas que accidentalmente caigan dentro del baño no deberán permanecer demasiado tiempo en el fondo del tanque.
- c).- La composición del baño deberá estar en su concentración normal antes de intentar corregir cualquier dificultad en el depósito.
- d).- Es importante que las piezas hagan contacto inmediatamente al entrar en la solución. La corriente no deberá interrumpirse durante el níquelado.
- e).- Deberá evitarse la contaminación de la solución de níquel con ácido crómico.

ABRILLANTADORES.

Como abrillantadores se usan sales de sodio, sales de

sinó, sales sulfónicas, como todo sales de sodio. Otro grupo de estos lo forman el almidón, dextrina, goma tragacanto, goma arábiga, aceite para todo punto, agar-agar, cola, gelatina, etc., los que deben ser empleados con mucho cuidado y prudencia. Mejores resultados se obtienen con la adición de ácidos aromáticos sulfonados y sus sales, derivados de compuestos aromáticos polinucleares, ácidos benzoico, cítrico, láctico, pequeñas cantidades de óxido de selenio o de telurio, derivados aromáticos amino-sulfónicos, compuestos sulfonados de la naftalina, fenol, fenol-ftaleína, alconoles polivinílicos, fenolsulfonato sódico, etc.

A menudo los agentes abrillantadores van acompañados de estabilizadores, que son sustancias cuya principal función es hacer que el baño soporte las dosis de abrillantadores agregadas sin que los baños sufran alteraciones. Estos agentes estabilizadores pueden ser compuestos aromáticos mono y polisulfonatos bencenosulfonamida, sales del ácido betanaftalinsulfónico, aldenidos etc.

Los abrillantadores utilizados en este trabajo, son formulaciones patentadas por diferentes firmas de productos para la galvanoplastia. Y aunque no se pudo conseguir su formulación se sabe que son combinaciones de los productos mencionados antes.

Los abrillantadores se pueden dividir en dos clases. La primera tiene dos funciones primordiales, producir una película brillante y permitir a los abrillantadores de la segunda clase estar presentes en un amplio rango de concentración.

La segunda clase de abrillantadores son usados para dar mayor lustre al depósito, pero tienen el inconveniente de que en ausencia de abrillantadores del primer grupo dejan una excesiva brillantes y depósitos quebradizos. En la mayoría de los baños modernos las dos clases de abrillantadores son usados para complementarse.

IV.5 CROMO BRILLANTE.

El depósito de cromo se aplica, comunmente, posterior al de níquel cuando se requiere un terminado resistente a la penetración, a la corrosión y al deslustre.

En este laboratorio se empleará un baño de tipo convencional, con sulfatos como catalizadores, introducidos por la adición de ácido sulfúrico al electrolito. Las razones son las ventajas que presenta éste:

- 1.- Gran poder de penetración.
- 2.- Excelente rapidez en el depósito.
- 3.- Superficies tensas, brillantes y resistentes a la corrosión.
- 4.- Color brillante azulado.
- 5.- Bajo coeficiente de fricción.
- 6.- Se pueden cromar piezas de formas sencillas e irregulares.

COMPOSICION DE LA SOLUCION.

Acido crómico	300 gm/lit
Acido sulfúrico	3 gm/lit
Aditivo de penetración	30 ml/lit
Humectante para cromo	5 ml/lit
Relación (<u>Acido crómico</u>) (Acido sulfúrico)	100:1

Anodos

Piomo antimonial

CONDICIONES DE OPERACION.

Temperatura	45 °C
Voltaje	5-7 V
Densidad de corriente	19-22 A/dm^2

Tiempo

1-3 min.

Nota: Este baño funciona en las condiciones anteriormente mencionadas satisfactoriamente. Pero como se dijo con anterioridad, dependiendo de la pericia del galvanizador pueden ser cambiadas éstas, sin que el baño pierda sus propiedades.

PREPARACION DE LA SOLUCION.

- 1.- Llenar hasta 2/3 partes del recipiente con agua limpia y calentar a 50-55 °C.
- 2.- Adicionar lentamente y agitando el ácido crómico, reducir la temperatura a 45 °C.
- 3.- Agregar la cantidad de ácido sulfúrico necesaria.
- 4.- Adicionar el aditivo de penetración calculado.
- 5.- Ajustar, con agua, al nivel de trabajo y mezclar bien.
- 6.- Analizar componentes y ajustar.
- 7.- Colocar los ánodos dentro de la tina y electrolizar a 6 volts por dos o tres horas, con una lámina de acero corrugada.
- 8.- Empezar a trabajar.

Notas: 1) El humectante se adiciona cuando por inspección visual se observa que la solución no moja las piezas.

2) Para ajustar el ácido sulfúrico agregar 2 gm/lt de carbonato de bario, por cada 1 gm/lt de ácido sulfúrico en exceso.

Control de la solución. - Para resultados satisfactorios es esencial controlar los siguientes factores:

- a) Preparación del metal base.
- b) Composición del baño.

- c) Temperatura.
- d) Densidad de corriente.

Se recomiendan determinaciones periódicas del contenido de ácido crómico. Con el uso de un densímetro puede efectuarse una rápida determinación diaria de esta concentración:

CrO ₃ gm/lt	Densidad °Bé.
180-210	17.6-19.3
200-225	18.2-20.6
210-240	19.2-21.3
225-250	19.9-21.7

Se pueden emplear concentraciones de ácido crómico más bajas que las establecidas, con la condición de que se mantenga la relación 100/1 con el ácido sulfúrico.

Como el catalizador se manifiesta en forma de asiento en el fondo del baño, en ningún caso deberá filtrarse la solución. Además, debe tenerse la precaución de agitar perfectamente el baño cuando menos una vez por día, para permitir la disolución del mencionado catalizador. Así, el electrolito estará siempre en equilibrio óptimo en lo que se refiere a concentración de catalizador y así se tendrán excelentes resultados.

IV.6 CONOCIMIENTOS COMPLEMENTARIOS

Es conveniente hablar aquí de los diferentes tipos de ánodos existentes y sus características así como de los diversos métodos de purificación de los baños, pues nunca se sabe cuando se nos pueden contaminar las soluciones y es conveniente saber que hacer en estos casos.

ánodos.- Son varios tipos de ánodos usados en los diferentes baños, diferenciándose dos básicamente: ánodos solubles y ánodos insolubles.

El ánodo es el electrodo positivo en el baño, conduce la corriente a la solución y por su forma y posición con relación al objeto a recubrir, influencia la distribución de la corriente sobre esta superficie.

En el caso de ánodos solubles, este es el que suplente el metal que se deposita en el cátodo. El ánodo insoluble tiene la función de completar el circuito eléctrico a la solución, por lo que debe ser buen conductor de la electricidad y resistente al ataque químico de la solución con o sin corriente.

Ánodos rolados.- Este tipo de ánodos tiene un grano mucho muy fino, con la estructura de los cristales elongados en dirección paralela al rolado. Su inconveniente son las impurezas que contiene (Fe, arena), las cuales se eliminan colocándolos dentro de una bolsa de polipropileno que evitan que estas pasen al baño.

Ánodos electrolíticos.- Tienen el grano más fino y su pureza es la más alta de todos los tipos de ánodos, pero su disolución no es uniforme y su costo es más alto debido a la forma en que se obtienen.

Purificación de los baños.

Los métodos usuales son:

a) filtración a través de ayudafiltro (tierra de infusorios) con el propósito de retener las partículas sólidas; se prepara el filtro con una capa de ayudafiltro y se recircula la solución.

b) Tratamiento con carbón activado a través de ayuda filtro, con el fin de retener las partículas sólidas y las impurezas orgánicas; dependiendo del grado de contaminación orgánica la cantidad de carbón activado es aproximadamente 1 gm por cada 0.4 lts de solución.

c) Purificación electrolítica (electrolizar una solución) Se hace con el propósito de eliminar impurezas metálicas y se lleva a cabo por medio de una lámina corrugada sobre la cual se pasa una corriente de 0.5 A/dm^2 durante varias horas.

CAPITULO V

PROCESO EQUIPOS E INSTALACION

Este laboratorio fue desarrollado, fundamentalmente, como complemento práctico a la materia de Tratamientos Térmicos y Acabados Superficiales que se imparte en los Talleres de Ingeniería Mecánica de ésta Facultad pero, dadas las condiciones de operación que presenta se puede utilizar como complemento a otras materias relacionadas con el tema, también puede complementar otros laboratorios o talleres ya conformados como son los de manufactura y aquellos en los que se requiera realizar un proceso de fabricación obteniéndose un buen terminado. Así mismo, se puede utilizar en los diferentes proyectos y trabajos que se realizan en la Facultad y su única limitante es la dimensión de las piezas a recubrir.

Lo anterior quiere decir que se tendrá una gran versatilidad de usos, dependiendo de los fines específicos que se le quiera dar.

Debido a esto sería difícil plantear una serie de prácticas específicas, pues dependiendo de los conocimientos de cada usuario y de lo relacionado que esté con los procesos de manufactura y electrodeposición, se podrían plantear prácticas demasiado teóricas (con fines de investigación principalmente) o demasiado prácticas (como podría ser dar el terminado a un proceso de fabricación).

Lo que sí es importante para la gente que trabaja en los talleres de electrorecubrimientos es conocer algunos cálculos sobre las distintas condiciones de trabajo y sobre algunos datos respecto a los resultados de los diferentes procesos.

En esta sección se basan en las leyes de Faraday y, por lo tanto, de la electrolysis. En seguida se darán los fundamentos para obtener estos datos sin llegar a constituir el desarrollo concreto de una práctica, solo se dejará a los alumnos que deberán utilizar este laboratorio, es decir, en esta sección se darán los fundamentos para obtener algunos parámetros importantes y los alumnos deberán presentar la forma de desarrollar las prácticas de acuerdo a sus necesidades y a la materia en que esté inscrito.

En esta sección también se presentará el ciclo de trabajo para obtener depósitos como acabado final, obteniendo resultados satisfactorios, tanto en el plano ornamental como en el de dar protección al metal base.

V.1 RESISTENCIA DE LOS BAÑOS.

El paso de corriente eléctrica a través de las soluciones electrolíticas es función de su conductividad. La conductividad de un baño aumenta con la temperatura, por la naturaleza y número de iones en solución.

En electrodeposición tiene importancia la determinación de la resistencia específica o resistividad de los baños, pues calculando su inverso obtendremos la conductividad específica o conductividad.

La forma de calcular la resistencia es la siguiente:

$$r = \frac{R}{S}$$
$$p = \frac{R}{l}$$

donde: p = Resistencia específica (ohm-dm)
 r = Resistencia del baño (ohm)

=Distancia entre electrodos (cm)

=Sección transversal del paso de corriente (cm²)

Por lo tanto la conductividad específica (α) es:

$$\alpha = 1/\rho \quad (\text{ohm}^{-1}\text{-dm}^{-1})$$

Es conveniente tener en cuenta la influencia de la temperatura en el valor de la resistencia.

$$\rho_t = \rho_{18} (1 - \alpha(t - 18))$$

donde: ρ_{18} = Resistividad a 18 °C

α = Constante para cada líquido. en este caso.

Aquí se deberán obtener las resistencias de los baños existentes en el laboratorio, usando diferentes áreas (secciones transversales de paso de corriente), a diferentes temperaturas y voltajes, entregándose observaciones y conclusiones.

V.2 MEDIDA DEL ESPESOR.

El método más usado para medir el espesor de una capa es disolverla y determinar el peso de la misma a partir de una muestra cuya área se conozca. El espesor se calcula así:

$$T = 10 \frac{W}{A \times D}$$

donde:

T = Espesor (mm)

W = Peso del recubrimiento (gm)

A= Área recubierta (cm²)

D= Peso específico del depósito.

Para facilitar la realización de ésta práctica en lugar de disolver el recubrimiento, lo cual requiere de gran habilidad, se pesará la pieza antes y después del recubrimiento obteniéndose el peso del recubrimiento y, conociendo el Área, se podrá determinar fácilmente el espesor del depósito.

Aquí, se puede jugar con las siguientes variables: temperatura, tiempo de depósito, intensidad de corriente, voltaje. Debiendo permanecer 3 fijas y variando una para observar los efectos que ocasiona en los diferentes baños. Se deberá preparar una tabla para poder analizar en forma rápida los resultados y así poder realizar comentarios y observaciones objetivas.

Como conclusión de ésta práctica se podría obtener, en forma indirecta, el rendimiento de corriente de los baños mediante la siguiente expresión:

$$W = Eq i t \eta$$

donde:

η = Rendimiento de corriente.

W = Peso del recubrimiento (gm)

Eq = Equivalente electrolítico (amp-hora)

i = Intensidad de corriente (amp)

t = Tiempo (horas)

Como puede observarse se podrían desarrollar otras prácticas, un tanto teóricas, pero su objetividad depende en gran parte de las bases teóricas y de intereses particulares, por lo que no se plantearán más prácticas y se dejará el desarrollo de

Las mismas a los interesados en ahondar más en el tema.

Y.3 PROCESOS PARA DEPOSITOS ELECTROLITICOS.

El presente trabajo tiene por objetivo fundamental presentar el proceso de cromado como acabado final de los procesos de fabricación que requieran una apariencia agradable a la vista o una alta resistencia al medio ambiente. Para lograr esto se requiere seguir el siguiente ciclo de trabajo:

- 1.- Preparación de la superficie.
- 2.- Desengrase electrolítico.
- 3.- Enjuague.
- 4.- Activado (decapado)
- 5.- Enjuague.
- 6.- Cobre alcalino.
- 7.- Enjuague.
- 8.- Enjuague en ácido sulfúrico al 10 %.
- 9.- Enjuague.
- 10.- Niquelado.
- 11.- Enjuague.
- 12.- Cromado.
- 13.- Enjuague en agua fría.
- 14.- Enjuague en agua caliente.
- 15.- Secado.

En la operación de preparación de superficies intervienen una serie de procesos mecánicos, químicos y electroquímicos desarrollados de tal forma que se complementan para dar un resultado satisfactorio.

Las operaciones mecánicas de preparación como el pulido pueden ser complementadas por un proceso de electropulido para obtener una superficie tersa lista para recibir el

Electrodeposición.

Debe mencionarse aquí que los procesos mecánicos de preparación, tanto pulido con abrasivos de diferentes grados, como el abrillantado deben estar presentes inevitablemente en un taller de electrodeposición para acabados protectores y decorativos.

En resumen la preparación de la superficie debe estar constituida por operaciones mecánicas, químicas y electroquímicas, que ligadas entre sí sean capaces de proporcionar superficies completamente tersas, libres de óxidos, películas grasosas o impurezas, para asegurar una excelente calidad en la película depositada.

El paso número ocho sirve fundamentalmente para evitar que el baño de níquel se envenene con el cianuro presente en el baño de cobre o el desengrase.

Para hacer más económico el proceso de cromado se pueden eliminar los pasos seis, siete, ocho y nueve pasando directamente del desengrase al níquelado.

Para obtener el cobrizado o el níquelado como acabados finales, dependiendo del proceso de fabricación que se esté realizando, se siguen básicamente los mismos pasos como se muestra a continuación.

CICLO PARA COBRIZADO.

- 1.- Preparación de la superficie.
- 2.- Desengrase electrolítico.
- 3.- Enjuague.
- 4.- Activado (decapado).
- 5.- Enjuague.

- 6.- Cobre alcalino.
- 7.- Varios enjuagues.
- 8.- Secado.
- 9.- Aplicación de laca protectora.

En el punto número seis se dará un tiempo mucho mayor que si se tratara del proceso de cromado. El punto nueve sirve para prevenir el opacamiento del recubrimiento alargando la vida y el brillo del acabado.

Es posible que previo a la aplicación de la laca protectora se requiera un leve bruffido para mejorar la apariencia decorativa del recubrimiento.

CICLO PARA NIQUELADO.

- 1.- Preparación de la superficie.
- 2.- Desengrase electrolítico.
- 3.- Enjuague.
- 4.- Activado (decapado).
- 5.- Enjuague.
- 6.- Cobre alcalino.
- 7.- Enjuague.
- 8.- Enjuague con ácido sulfúrico al 10 %.
- 9.- Enjuague.
- 10.- Niquelado.
- 11.- Varios enjuagues.
- 12.- Secado.
- 13.- Aplicación de laca protectora.

Aquí se seguirán las mismas observaciones que en los ciclos de cromado y cobrizado pues son procesos similares.

Estos ciclos de trabajo utilizan los baños que se describieron en el capítulo anterior y de los cuales ya sabemos

sus condensadores, parámetros de activos, por lo que no se deberá tener problemas para realizar estos ciclos de trabajo.

V.4 EQUIPO UTILIZADO EN EL LABORATORIO.

Para la implementación de este laboratorio se requirió del siguiente equipo:

- Tinas
- Rectificador de corriente
- Filtros
- Calentadores
- Mesas de trabajo

Algunos de estos equipos fueron fabricados en el mismo taller de ingeniería y otros se compraron en tiendas especializadas en este tipo de equipos.

ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO EMPLEADO

TINAS.

Estos equipos son empleados para preparar, contener y usar las soluciones electrolíticas. Para su fabricación se considero primordialmente el material de construcción, el siguiente factor a considerar fué si se requería recubrimiento especial o no (tomando en cuenta la resistencia al ataque de las soluciones involucradas), aparte de estos factores en algunos casos se deberán considerar otros de menor importancia, los que para nuestro caso son irrelevantes.

En nuestro caso, se requirió de 14 tinas en total para abarcar los recubrimientos a aplicar. Se fabricaron con lámina calibre 21, soldadas con equipo de autógenos y las medidas fueron

las siguientes: 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100.

Tres de las tatorce tinas quedaron con el terminado de pintura externa únicamente. Estas se utilizarán para el desengrase, desengrase electrolítico y cobre electrolítico.

Siete se recubrieron internamente con resina epóxica para evitar su oxidación y se emplearán para los enjuagues.

Cuatro se recubrieron internamente con resina poliéster y resina epóxica, previniendo así el ataque químico de las soluciones de decapado y activado, así como de los baños de níquel y cromo.

RECTIFICADOR DE CORRIENTE.

Oviamente el requisito más importante para el proceso de electrodeposición es una fuente de corriente directa de bajo voltaje. Como la energía eléctrica, generalmente, se distribuye en forma de corriente alterna a 127 O 240 volts, es necesario un rectificador de corriente para poder realizar los electrodepósitos.

Para poder caracterizar el rectificador apropiado para el laboratorio se consideró que el cromado es el proceso que requiere de una mayor densidad de corriente (19 A/dm^2) y, que la capacidad de las tinas no aceptan una superficie mayor a 4 dm^2 , para cualquier proceso. Entonces se requiere un rectificador con una capacidad de 76 A.

Además el baño que mayor voltaje requiere es el cobre, 8 volts, por lo que lo ideal sería encontrar un rectificador de 8 V y 75 A. Pero comercialmente lo que se encontró fue uno de 25 V y 75 A. Este equipo amplía la variedad de procesos, pues se podría

pensar en el anodizado del aluminio, como una ampliación del laboratorio.

FILTROS.

Es necesario filtrar a intervalos las soluciones electrolíticas y al mismo tiempo eliminar los sedimentos acumulados en el fondo de los tanques. Primordialmente los baños del tipo brillante no toleran impurezas en suspensión, ni tampoco permiten impurezas orgánicas en solución, por lo que hay que tratarlas con carbón activado y una filtración posterior para la correcta operación de estos baños.

En los talleres de electrodeposición se utilizan dos tipos de filtros principalmente; el de platos horizontales y el de discos horizontales.

En nuestro caso, resulta incostruable un filtro de éstos, pues los volúmenes que manejamos son mínimos y no de uso continuo.

En este laboratorio se usarán mantas y papel filtro en los baños que requieran el filtrado (níquel básicamente), y éste se realizará, preferentemente, antes de comenzar la electrodeposición.

CALENTADORES.

Todos los baños, con excepción del decapado y activado, requieren de una temperatura de operación mayor a la temperatura ambiente, para obtener los mejores resultados. Dados nuestros requerimientos que son bajos, pues los volúmenes que manejamos son mínimos, y por economía se adquirieron solo cuatro resistencias (calentadores), de 500 W.

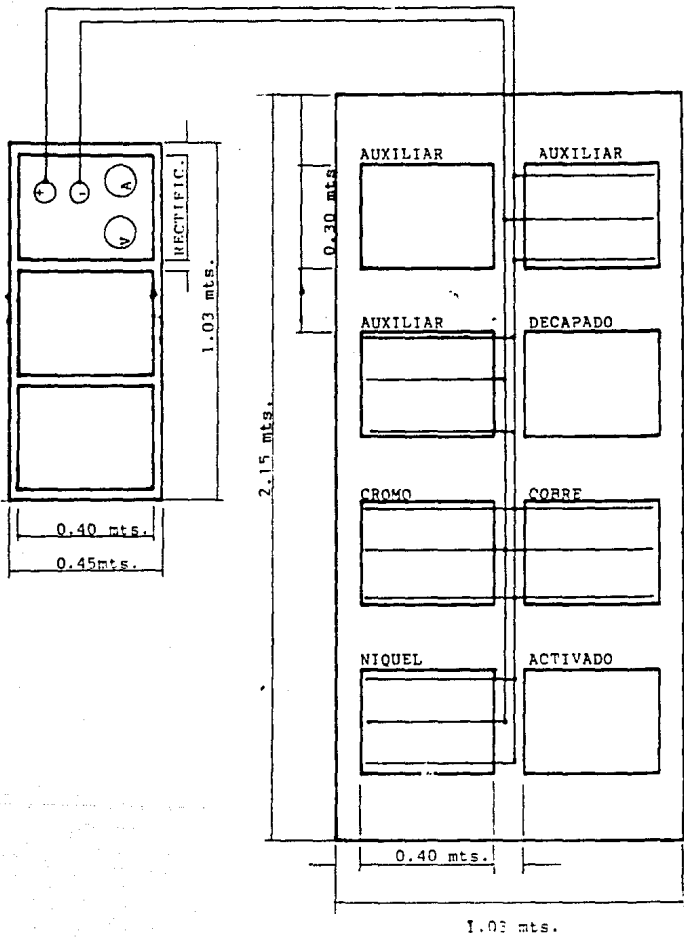
Los de los calentadores tienen cubierta de titanio, pues este material, no es atacado, químicamente, por los baños de níquel y cromo, por lo tanto no contaminarán dichos baños, con lo que obtendrá una operación satisfactoria.

Los otros dos calentadores tienen la cubierta de fierro y se emplearán para calentar los baños de desengrase y cobricado electrolítico.

MESAS DE TRABAJO.

Estas se fabricaron con solera y lamina calibre 18, ensambladas mediante soldadura de arco, una con un área de 1.03 m x 2.15 m, espacio suficiente para contener las tinas de trabajo y la otra con un área de 1.03 m x 45 cm, para sostener el rectificador y el material que sea necesario durante los procesos de recubrimientos.

En la siguiente figura se muestra la distribución del laboratorio.



ANEXO A

CONCEPTOS BASICOS

Es difícil que en un solo capítulo se traten asuntos tan complejos como son todos los principios de química, electricidad y electroquímica que toda persona relacionada con la galvanoplastia debe conocer y aplicar en esta industria.

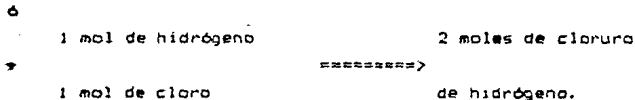
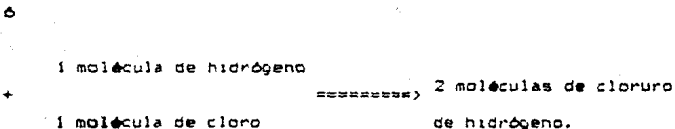
No obstante, es necesario explicar brevemente los principios y términos más comúnmente usados. Al hacerlo se considerarán sólo las necesidades de los galvanizadores por lo que no se darán explicaciones tan profundas como fuera de desearse.

MOL. - Es el número de átomos contenidos en el peso atómico relativo de cualquier elemento cuando el peso se mide en gramos. Así, 23 gramos de sodio contienen un mol de átomos de sodio. Un mol de átomos de hierro pesan 55.8 gramos. Un mol es el número de moléculas contenidas en el peso molecular relativo de un compuesto cuando ese peso es medido en gramos. Así, 44 gramos de dióxido de carbono contienen un mol de moléculas. Un mol de moléculas de nitrógeno pesa 28 gramos.

El verdadero número de moléculas o átomos que constituyen un mol es 6.025×10^{23} . Y se le ha denominado el número de Avogadro, o N° .

PESO ATOMICO. - Los pesos atómicos dan los pesos relativos de los elementos. Originalmente se tomó como base de comparación el oxígeno, al que se le asignó un peso de 16.0. En esta forma, el hidrógeno resulta con un peso atómico de 1.008. Se prefirió el oxígeno al hidrógeno como base de comparaciones porque es conocido mayor número de combinaciones del oxígeno con otros elementos que del hidrógeno.

DETERMINACION DE FORMULAS QUIMICAS. - El concepto de mol es muy importante para determinar de una manera experimental las fórmulas químicas. Existe una relación entre moles de átomos y las fórmulas químicas para compuestos formados por estos átomos. como puede verse estudiando la reacción entre los gases de hidrógeno y de cloro para formar cloruro de hidrógeno gaseoso. La reacción puede expresarse como sigue:



como el hidrógeno y el cloro gaseosos son diatómicos: H_2 y Cl_2 podemos escribir, por lo tanto, la reacción siguiente:



Cabe mencionar aquí que una fórmula expresa, además de los elementos combinados, la cantidad que de cada uno se encuentra presente. Es decir, una fórmula química indica la proporción molar de los átomos combinados en un compuesto.

Con este conocimiento se puede proceder a una consideración de las determinaciones experimentales de las fórmulas químicas. Estas a su vez se fundamentan en la ley de la composición constante.

El conocimiento de las composiciones en peso y los pesos atómicos relativos lleva a la relación molar de los átomos combinados en el compuesto, la relación molar nos da la fórmula más simple de un compuesto. En algunos casos la fórmula más simple de un compuesto es también la verdadera fórmula, mientras que en otros es un múltiplo de su fórmula más simple.

VALENCIA. - Es la capacidad de combinación de un elemento en un compuesto, el conocimiento de las valencias es clave para escribir correctamente las fórmulas de los compuestos. (en la mayoría de los libros de química y físico-química existen tablas de los valores de la valencia para elementos y compuestos).

Los valores numéricos fueron establecidos por químicos del siglo XIX y se basaron en la siguiente definición: "La valencia de un elemento es el número de átomos de hidrógeno que equivalen a un átomo del elemento". Por ejemplo en el caso del agua un átomo de oxígeno se combina con dos de hidrógeno, por lo que decimos que la valencia del oxígeno es dos. Algunos elementos, especialmente los metales, no se combinan fácilmente con el hidrógeno sino que requieren condiciones especiales. Así, es posible reemplazar el átomo de hidrógeno del ácido clorhídrico (HCl), por un átomo de sodio (Na) formando cloruro de sodio (NaCl); de aquí que la valencia del sodio sea uno.

Muchos elementos presentan varias valencias de acuerdo con el tipo de compuesto en el que se encuentran presentes. El hierro, por ejemplo, tiene dos valencias principales, que son dos y tres. Todos los compuestos en los cuales la valencia del hierro

es dos, se designan como ferrosos, en tanto que en todos aquellos en donde la valencia del hierro sea tres, se denominarán ferricos.

VALENCIAS COMUNES IMPORTANTES

MONOVALENTES (I)

Amonio	NH ₄
Hidrógeno	H
Cobre I o cuproso	Cu
Potasio	K
Plata	Ag
Sodio	Na

DIVALENTES (II)

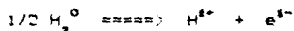
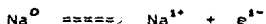
Bario	Ba
Calcio	Ca
Cobre II o cúprico	Cu
Hierro II o ferroso	Fe
Plomo II o plumboso	Pb
Magnesio	Mg
Mercurio I o mercuroso	Hg ₂
Mercurio II o mercúrico	Hg
Estaño II o estanoso	Sn
Cinc	Zn

TRIVALENTES (III)

Aluminio	Al
Antimonio (III)	Sb
Arsénico (III)	As
Cromo (III)	Cr
Hierro (III) o ferrico	Fe

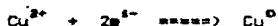
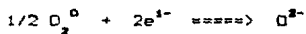
OXIDACION Y REDUCCION. - Siempre que la valencia de un elemento se aumenta en un proceso químico, la reacción se llama oxidación; y cuando la valencia disminuye, entonces se dice que ha tenido lugar una reducción.

El primer caso supone la liberación de electrones, formándose un ión más positivo (aumento de valencia):



Todas estas reacciones se llaman reacciones de oxidación.

El segundo caso prevé una aceptación de electrones para hacerse más negativo (disminución de valencia):



Todas las reacciones de esta clase que suponen la aceptación de electrones, se llaman reacciones de reducción.

Cada reacción de oxidación necesita una reacción simultánea de reducción para completar la transferencia del electrón. En las reacciones de oxido-reducción, o REDOX, hay transferencia de electrones de la sustancia que se oxida a la que se reduce. La sustancia donadora de electrones se oxida y la receptora se reduce.

NÚMEROS DE OXIDACION. - Se ha definido la oxidación y la reducción

como semireacciones con donación y aceptación de electrones. pero no siempre se puede determinar que átomo, o ión, es el verdadero donador o receptor de los mismos. Por tanto, los químicos han definido una propiedad ficticia de los átomos que permita seguir los cambios de los electrones durante las reacciones redox (oxidoreducción). Esta propiedad se llama "número de oxidación", y sirve para indicar el estado de oxidación del elemento.

EQUIVALENTE ELECTROQUÍMICO. - De un elemento o grupo de elementos, es el número de gramos depositados, de los mismos, por el paso de una cantidad de electricidad de un coulomb, a través de un electrólito. Según las leyes de Faraday los equivalentes electroquímicos son proporcionales a los equivalentes químicos (pesos equivalentes).

PESO EQUIVALENTE. - Es el peso atómico de un elemento, dividido entre la valencia que muestre en el compuesto de que se trate.

"PRIMERA LEY DE FARADAY"

La cantidad de cambio químico que se produce en una electrólisis es directamente proporcional a la cantidad de electricidad que pasa a través de la pila electrolítica.

"SEGUNDA LEY DE FARADAY"

Para una cantidad dada de electricidad los pesos de los elementos liberados electrolíticamente son proporcionales a sus pesos equivalentes.

IONIZACION. - Para explicar los fenómenos electroquímicos que se producen en los electrólitos, Arrhenius (1887) formuló las siguientes hipótesis que se conocen como la teoría de la disociación electrolítica o también como la teoría de los iones y

que vino a resolver muchas dificultades en la interpretación correcta de la química de las soluciones.

a).- La disolución provoca la ruptura molecular de los ácidos, sales y bases en iones o fragmentos electroizados que son de dos tipos, positivos y negativos. El fragmento positivo recibe el nombre de catión y el negativo el de anión.

b).- Un catión de valencia "n" lleva una carga positiva equivalente a "n" veces la carga eléctrica de un electrón, a la que se designa como "e". Un anión de valencia "n" lleva una carga negativa igual a "n"e".

c).- La carga eléctrica de los iones les confiere propiedades especiales y en particular aquella de no poder actuar sobre las moléculas. Así, el ión (Na^+) no descompone el agua, en tanto que el sodio (Na) sí la descompone.

ELECTROLISIS. - Cuando una corriente eléctrica atraviesa un electrólito, los iones se desplazan en la solución. Los aniones se dirigen hacia el ánodo (electrodo positivo) y los cationes hacia el cátodo (electrodo negativo).

Mientras están en movimiento, los iones no ejercen acción química, pero tan luego que un anión toca el ánodo, abandona sus cargas negativas y vuelve al estado de átomo. Otro tanto sucede en el cátodo, pero ahí el catión recibe una carga "e", la cual lo restablece como átomo.

El electrón cedido por el cátodo es transportado al ánodo, lo cual asegura el pasaje de la corriente a través del electrólito.

El conjunto de estos fenómenos constituye la reacción

Fundamental de la electrolysis.

Ejemplo: Electrolysis de cloruro de sodio (NaCl) fundido:

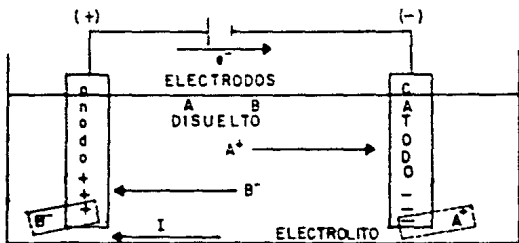


en el ánodo $\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl} + e$

en el cátodo $\text{Na}^+ + e \rightarrow \text{Na}$

En el ánodo se desprende el cloro y en el cátodo aparece sodio.

En la siguiente figura se muestra esquemáticamente el funcionamiento de un sistema electrolítico.



Como puede observarse existen algunos factores indispensables para que la electrolysis pueda efectuarse:

1).- Corriente eléctrica con polaridad definida, esto es, corriente directa.

2).- Electrodos metálicos capaces de conducir la corriente eléctrica.

3).- Una solución conductora o electrolítica.

4).- Un camino para el intercambio electrónico, es decir, un circuito cerrado.

Por otro lado, se sabe que el depósito obtenido es función directa de la cantidad de electricidad que se haga pasar através de la solución.

La carga de un electrón es de 1.6×10^{-19} coulombs y conociendo que en un mol hay 6.023×10^{23} átomos, si estos son monovalentes, se requerirán 96500 coulombs para neutralizar totalmente dicho mol.

Así, por cada 96500 ampere-segundo que pasen através de una solución conductora con iones monovalentes se obtiene un depósito de $\frac{PM}{96500}$ gramos, donde PM es el peso molecular del catión disuelto.

En una solución con iones divalentes solamente se obtiene la mitad de $\frac{PM}{96500}$ depositado, debido a que se deben neutralizar dos electrones por cada átomo.

Se dice que un faraday, F , corresponde a 96500 coulombs. En forma general, por cada 96500 coulombs empleados, se depositará el peso equivalente del material en solución.

La mayoría de los metales son buenos conductores de la electricidad, por lo tanto, pueden ser empleados como electrodos para obtener un depósito electrolítico.

Rendimiento de corriente y rendimiento anódico.- En la electrolisis la relación del peso del metal depositado y del que debería haberse liberado según la ley de Faraday, se denomina

rendimiento de corriente. Este concepto está íntimamente ligado con la eficiencia del cátodo, que es la proporción de corriente que se utiliza para depositar el metal, ya que una parte se usa para liberar hidrógeno.

Análogamente el rendimiento anódico es la relación entre el peso del metal disuelto en el ánodo y el máximo peso que debería haber pasado a la solución según la ley de Faraday. En este caso una pequeña cantidad de corriente sirve para liberar oxígeno.

ANEXO B

CONTROL DE BAÑOS ELECTROLITICOS

Existen tres métodos para mantener los baños electrolíticos en buenas condiciones de operación:

- 1).- Observación de los resultados, basándose en la experiencia.
- 2).- Pruebas físicas y/o químicas.
- 3).- Haciendo pruebas de electrodeposición bajo condiciones controladas.

OBSERVACION DE RESULTADOS.

Como es obvio éste método es aproximado y deberá estar sustentado por una amplia experiencia por parte de los encargados de regular y controlar los baños. Por lo que no debe subestimarse su importancia, sobre todo cuando se cuenta con personal experimentado o con conocimientos básicos del proceso.

El método se basa en que todas las cualidades, medibles o de otra índole, de los acabados electrolíticos la más reconocida, por simple inspección visual, es la apariencia del recubrimiento durante el proceso.

La inspección visual se aplica principalmente con recubrimientos o acabados decorativos. Lo más frecuente es determinar el grado de brillantes en éstos acabados.

El grado de uniformidad del lustre es ocasionalmente un factor de importancia en los depósitos que proporcionan resistencia a la corrosión. Otros factores importantes a inspeccionar son el color y la textura en los acabados satinado, mate o escarchado.

Debido a que los patrones sobre apariencia son difíciles

de poner por escrito en términos cuantitativos, el criterio de aceptabilidad del recubrimiento se establece por lo común con el uso de muestras patrón o en base a la experiencia del personal, como ya se mencionó.

En base a los resultados observados se puede tener un panorama amplio del funcionamiento de los baños electroquímicos, tras lo cual se pueden tomar acciones inmediatas para corregir y/o mejorar los depósitos obtenidos.

Como se mencionó en un principio este método es aproximado y sólo puede ser aplicado por personal experto. Por lo que si no se cuenta con él o el problema se complica se deberá recurrir a otro tipo de control.

PRUEBAS FISICAS O QUIMICAS.

Este método es de gran importancia en el control de los baños electrolíticos, su exactitud puede ser tan estricta como se requiera, dependiendo del personal y equipo con que se cuente, pues si se pretende tener un control estricto de los componentes de las soluciones, se requerirá de la habilidad de un químico y equipo de análisis sofisticado, lo que no siempre es práctico ni económico en los talleres dedicados a procesos de electrodeposición.

Es conveniente poder comprobar la composición de los principales constituyentes, de las soluciones, con cierta frecuencia y obtener resultados rápidos para efectuar ajustes en las soluciones antes de que se presenten en la electrodeposición, para lo cual es común aplicar métodos no tan exactos pues los baños permiten ciertas variaciones en su composición.

Se dispone, en la actualidad, con métodos para obtener

una comprobación rápida de las soluciones, utilizando aparatos equipos convenientemente sencillos los cuales, en su mayoría pueden emplearse sin necesidad de un técnico calificado. Estos métodos proporcionan normalmente suficiente exactitud para propósitos de comprobación y siguiendo fielmente las instrucciones, los resultados apropiados permitirán al operador regular satisfactoriamente las soluciones.

Estas marchas analíticas están disponibles en infinidad de textos especializados, así como en dependencias que vendan reactivos y material químico e incluso se pueden conseguir en los establecimientos especializados en equipo y materiales para la galvanoplastia por lo que no se presentan en el presente trabajo.

DEPOSITOS EN CONDICIONES CONTROLADAS.

Este es el único método para controlar muchos de los factores que intervienen en el mantenimiento de los baños, supliendo ventajosamente tanto métodos físico-químicos como inspección visual práctica.

Estos factores son:

- a) Agentes orgánicos que se adicionan a los baños.
- b) Productos de descomposición.
- c) Impurezas en los baños (orgánicas e inorgánicas).
- d) pH.
- e) Temperatura.
- f) Densidad de corriente.

Se han propuesto diversos métodos para la realización de estas pruebas, pero el que generalmente se usa es el de la "Celda Hull". La función de la celda es producir por configuración geométrica un depósito catódico en la superficie de una placa que reproduzca las características del depósito a todas las densidades de corriente que se encuentren en el intervalo de operación.

Por medio de la corriente desde el depósito brillante hasta el final de la placa, los límites de las densidades de corriente pueden ser denotados de una curva.

Fuente que los factores dados arriba afectan la apariencia de la placa de prueba en forma definitiva, este método es de gran importancia para mantener el baño en condiciones óptimas de operación. Mediante esta prueba el operador podrá reconocer inmediatamente la causa del problema en su baño y el medio de corregirlo.

PROCEDIMIENTO PARA HACER PRUEBAS DE ELECTRODEPOSICION.

Para hacer una prueba en la Celda Hull una muestra de la solución se toma con las precauciones convenientes, que son: llevar el tanque a su nivel de operación y agitar bien el baño para asegurar una muestra representativa. Se debe usar una placa de prueba y una placa catódica limpias y seleccionar el ánodo apropiado. En algunos baños es necesario un ánodo insoluble, en tales casos únicamente 2 ó 3 pruebas pueden realizarse en la misma solución, lo que no sucede usando ánodos solubles, pues se pueden hacer hasta 8 pruebas.

En baños que requieren agitación, se puede emplear una varilla de vidrio movida manualmente frente al cátodo. En la mayoría de los casos la agitación únicamente incrementa el brillo a altas densidades de corriente.

Esta prueba se realiza con el propósito de confirmar la necesidad de una adición de algún componente del baño para conservar la concentración especificada en cada solución, por lo que es conveniente realizar esta prueba frecuentemente.

El tiempo de prueba, la densidad de corriente y la

corriente total empleada son de importancia y dependen de cada tipo de baño.

Los puntos principales para observación y variaciones controlables por medio de la Celda Hull para los baños que nos interesan en el presente trabajo son:

Cobre.- Composición aproximada, cianuro libre, pH e impurezas.

Níquel brillante.- Abrillantadores primarios y secundarios, níquel, ácido bórico, productos de descomposición orgánica, impurezas de cobre, cinc, cromo o fierro.

Cromo.- Relación de ácido crómico a sulfatos, impurezas de níquel y rango de deposición en que afecta la contaminación.

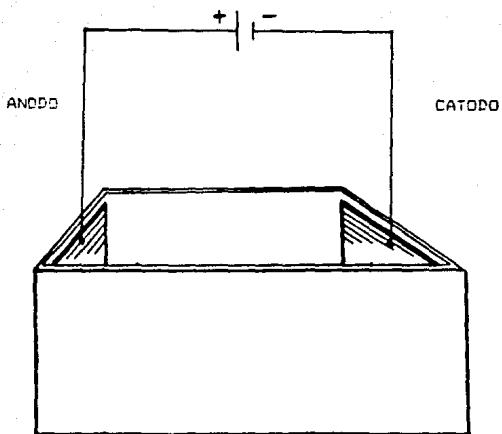
CELDA HULL.

Consiste en una pequeña celda de ebonita u otro material aislante, teniendo un ánodo en un extremo y un cátodo en el otro. El cátodo está dispuesto en ángulo a través de la celda de manera que un extremo quede más cerca del ánodo que el otro de tal forma, que la densidad de corriente varía a lo largo del cátodo.

La celda está dispuesta para contener 267 cm³ de solución, pues se tiene la facilidad de que una adición de 2 gm de material a esta cantidad representa una adición de 1 onza por galón.

La densidad de corriente en varios puntos del cátodo puede determinarse por medio de cálculo o por una gráfica, y examinando el cátodo es posible determinar la densidad de corriente óptima, así como los efectos de las diversas adiciones

... la solución.



"CELDA HULL"

ANEXO C

DESMETALIZACION

En los talleres de electrorecubrimientos se emplean unos baños que sirven para disolver los depósitos metálicos de los objetos estropeados por el uso o que hay que metalizar de nueva cuenta por no haber obtenido resultados satisfactorios durante el primer proceso de metalización.

Baños para desniquelar. - A pesar de todas las precauciones que puedan tomarse durante la aplicación del níquel electrolítico, habrá piezas que resulten defectuosas, teniéndose la necesidad de preparar un baño para desniquelar estas piezas que han de volver a procesarse.

COMPOSICION.

Acido sulfúrico	50 % en volumen.
Glicerina	2 % en volumen.
Agua	Completar volumen.

OPERACION.

Temperatura	Ambiente.
Voltaje	6 V.
Tiempo de inmersión	10 min.

Las piezas niqueladas que se han deteriorado con el uso y se desean niquelar nuevamente deberán sumergirse en el siguiente baño para librarlas de la capa metálica vieja.

Agua	200 gramos.
Acido nítrico	20 gramos.

Acido sulfúrico	200 gramos.
Nitrato de potasio	1 gramo.

Hay que operarlo al aire libre, debido a los gases desprendidos. Los objetos se sumergen varias veces, con inmersiones de corta duración, observando constantemente como marcha la operación hasta la total eliminación del níquel.

Otro procedimiento consiste en sumergir las piezas en el siguiente baño:

Agua	1 litro.
Acido sulfúrico	100 gramos.
Bicromato de potasio	50 gramos.

Se deberán observar los mismos cuidados que en el procedimiento anterior.

Baños para descromar.— Así como es necesario contar con un baño para desníquelar, se requiere también de un baño para descromar.

COMPOSICION.

Cianuro de sodio	5-10 gm/lt
Sosa cáustica	45.0 gm/lt

OPERACION

Temperatura	Ambiente.
Voltaje	6.V.
Tiempo	30 seg.

Otro procedimiento para eliminar la capa de cromo de los

objetos de hierro, cobre, etc., éstos se sumergen en un baño de ácido clorhídrico al 10 por ciento. El proceso se desarrolla fácilmente, los objetos se quedan blancos. Sin embargo, el cobre y sus aleaciones pierden su brillo.

BIBLIOGRAFIA

Granger, A. Lennett

Manual de Ingeniería de los recubrimientos electrolíticos.

CECSA, México 1967

2a. Edición

Lowenheim, Frederic A.

Modern Electroplating

John Wiley Sons, Inc.

2a. Edición

Blum, William, Hogaboon, George E.

Galvanotecnia y Galvanoplastia

CECSA, México 1984

Gabe, D. R.

Fundamento del Tratamiento y Protección de Superficies Metálicas

HERA, 1975

Dassler Adolf

Electroquímica y sus Fundamentos Físicoquímicos

UTEHA

Mantell C. L.

Ingeniería Electroquímica

CECSA, México 1970