

308917
12

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA



UNIVERSIDAD PANAMERICANA

ESCUELA DE INGENIERIA

CON ESTUDIOS INCORPORADOS A LA U. N. A. M.

**COBRIZADO ELECTROLITICO EN ALEACIONES
ZINC-ALUMINIO-COBRE**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
AREA: INGENIERIA MECANICA

P R E S E N T A

ALEJANDRO OCHOA CANCINO

MEXICO, D. F.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1988



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

C O N T E N I D O

RESUMEN	1
CAPITULO I : GENERALIDADES	
1.1 Antecedentes Históricos	4
1.2 El Proceso Electrolítico	6
1.3 Los Recubrimientos Electrolíticos	8
1.3.1 Adherencia	13
1.4 El Cobrizado Electrolítico	15
1.4.1 Electrólito Acido para Cobrizar	16
1.4.2 Electrólitos Alcalinos para Cobrizar	19
1.5 Preparación Superficial	21
1.5.1 Pulido Mecánico	22
1.5.2 Desengrase	24
1.5.3 Decapado	28
1.6 El Proceso Industrial de Deposición Electrolítica	29
CAPITULO I I : EL ZINC Y SUS ALEACIONES	
2.1 Presencia del Zinc en la Industria Mexicana	33
2.2 Las Aleaciones base Zinc Fundidas a Presión	36
2.2.1 Fundiciones a Presión de Baja Aleación	37
2.2.2 Fundiciones a Presión de Alta Aleación	38
2.3 Delimitación del Problema	42
CAPITULO I I I : EXPERIMENTACION	
3.1 Preparación Superficial	45
3.1.1 Pulido Mecánico	45
3.1.2 Desengrase	46
3.1.3 Recubrimiento	46
3.1.4 Variables	47
3.2 Cobrizado Acido	48
3.2.1 Equipo y Utensilios	48
3.2.2 Proceso	49

3.3	Cobrizado Alcalino "CIANURO EN ALTA CONCENTRACION"	51
3.3.1	Equipo y Utensilios	51
3.3.2	Proceso	51
3.4	Cobrizado Alcalino "PARA BASE"	54
3.4.1	Equipo y Utensilios	54
3.4.2	Proceso	54
3.5	Pruebas de Adherencia	56
3.5.1	Pruebas Fisicas	56
CAPITULO I V : RESULTADOS		
4.1	Pruebas de Adherencia	59
4.1.1	Pruebas de Adherencia para el Cobrizado Acido	61
4.1.2	Pruebas de Adherencia para el Cobrizado Alcalino	61
4.2	Tablas de Resultados	68
CAPITULO V : DISCUSION DE LOS RESULTADOS		
5.1	Cobrizado Acido	72
5.2	Cobrizado Alcalino	73
5.2.1	Cobrizado Alcalino "CIANURO EN ALTA CONCENTRACION"	73
5.2.2	Cobrizado Alcalino "PARA BASE"	75
CAPITULO V I : CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS		
6.1	Conclusiones	78
6.2	Sugerencias	80
BIBLIOGRAFIA		82

R E S U M E N

En la Industria Mexicana, las aleaciones Zn-Al-Cu con alto contenido de Aluminio (20-30% en peso), han adquirido gran importancia como substitutos de algunos materiales, debido a sus excelentes propiedades físicas, y químicas, así como a su economía.

Cuando estas aleaciones se encuentran sometidas a atmósferas corrosivas, no presentan un aspecto atractivo.

Para mejorar su aspecto es necesario se les aplique un proceso de acabado superficial como son los recubrimientos metálicos. Como base para el cromado, generalmente se utiliza un cobrizado, el cual servirá para la deposición adecuada de otros metales.

Debido al alto contenido de Aluminio que poseen estas aleaciones, el Cobre depositado electrolíticamente, generalmente es poco adherente, ya que el contenido de Aluminio guarda una relación inversamente proporcional con la adherencia del depósito.

Este trabajo está enfocado a determinar algunos parámetros de proceso, para cobrizar las aleaciones Zn-Al-Cu, con alto contenido de Aluminio (20-30% en peso).

De esta manera se pretende disminuir las dificultades presentadas en estas aleaciones para obtener un acabado superficial satisfactorio, fomentando así su utilización e incrementando sus ventajas frente a otros materiales.

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES HISTORICOS

Tal como suele suceder en algunas ramas del saber, las fases práctica y tecnológica de los recubrimientos electrolíticos se desarrollaron con anterioridad a su base científica.

Casi tan pronto como Faraday enunció las leyes de la electrólisis, comenzaron a aparecer artículos técnicos relacionados con los recubrimientos electrolíticos con Cobre, Plata y Oro, además de las patentes de los respectivos electrolitos.

Hasta antes de la Primera Guerra Mundial, los recubrimientos electrolíticos permanecieron esencialmente como un arte: las composiciones de los electrolitos se mantenían como secretos y las personas dedicadas a este "arte" negaban conocer con precisión los fundamentos de Electricidad y Química.

La mayoría de las aplicaciones iniciales de los recubrimientos electrolíticos fueron con fines decorativos y las propiedades físicas y químicas del recubrimiento no eran tan importantes como su aspecto.

En la Primera Guerra Mundial y especialmente en la Segunda, los productos ya requerían acabados con tolerancias estrechas y propiedades especificadas rigidamente, y la apariencia pasó a un segundo plano, lo cual contribuyó a convertir los recubrimientos electrolíticos de un arte a una avanzada tecnología e ingeniería.

Este desarrollo ha sido promovido por diversos avances en Física, Metalurgia y Electroquímica; así como por el perfeccionamiento en las fuentes de corriente directa e instrumentos de medición.

En la actualidad, los recubrimientos electrolíticos ocupan un lugar preponderante en la industria manufacturera, especialmente en la industria automotriz, porque son utilizados para los siguientes fines, entre otros:

- A) Mejorar la apariencia del metal.
- B) Disminuir la corrosión del metal.
- C) Disminuir la actividad química del metal.
- D) Alargar la vida del producto.
- E) Minimizar el desgaste de la pieza.
- F) Dimensionar adecuadamente la pieza.
- G) Mejorar las propiedades eléctricas superficiales.
- H) Mejorar la reflectividad de la superficie.

1.2 EL PROCESO ELECTROLITICO.

Si se sumergen dos láminas (ó alambres de Platino)- en una solución diluída de Acido Sulfúrico, y se conectan con los polos de una batería o con un manantial de corriente continua, se producirá una electrólisis.

Podrá observarse que en la lámina de Platino conectada con el polo negativo de la batería, se desprende Hidrógeno, en tanto que en la lámina conectada con el polo positivo se desprende Oxígeno. Los gases mencionados sólo se desprenden en las láminas de Platino, y no a lo largo del trayecto seguido por la corriente a través del electrólito.

Las láminas reciben el nombre de electrodos, llamándose cátodo al electrodo negativo y ánodo al positivo. -- (figura 1)

La corriente circula por conducción metálica a través de los electrodos y por conducción electrolítica a través del electrólito.

Se denomina densidad de corriente a la corriente que circula a través del electrólito dividida entre el área total del cátodo.

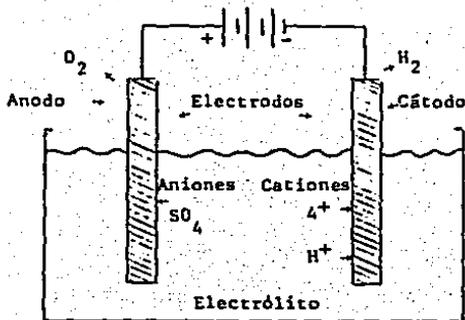


Figura 1.- Diagrama de una celda electrolítica.

Si producimos la electrólisis en una solución de Nitrato de Plata, observamos que se deposita Plata en el cátodo y se desprende Oxígeno en el ánodo. Cualquiera que sea la solución, ocurre que la acción química se producen sólo en los electrodos, puntos de entrada y salida de la corriente en el electrolito.

Las relaciones cuantitativas entre la cantidad de electricidad que pasa a través de una solución y la cantidad de materia separada o precipitada en los electrodos quedan concretadas en dos leyes que reciben el nombre de Leyes de Faraday.

La primera ley establece que los pesos de las sustancias desprendidas en los electrodos son directamente proporcionales a la cantidad de electricidad que atraviesa la solución.

La segunda ley expresa la relación fundamental entre las cantidades de diferentes sustancias separadas en los electrodos por una misma cantidad de electricidad es decir, una misma cantidad de electricidad separa, en los electrodos, el mismo número de equivalentes químicos de las diferentes sustancias.

El equivalente químico de un elemento es igual al peso atómico del elemento dividido por su valencia (correspondiente a la reacción que toma lugar).

1.3 LOS RECUBRIMIENTOS ELECTROLITICOS

Los recubrimientos electrolíticos comprenden las aplicaciones de la Electroquímica concernientes a la producción de capas metálicas superficiales finas, depositadas electrolíticamente sobre objetos metálicos, y en menor proporción sobre objetos no metálicos; algunas veces con fines decorativos, otras se persigue proporcionar al metal propiedades superficiales diferentes, y frecuentemente consiguen ambos fines a la vez.

En la Industria se desean recubrimientos con metales de bajo costo, con los que el objeto pueda fabricarse en forma económica, mediante delgadas capas de otro metal -- que mejore su apariencia y su resistencia a la corrosión.

En la práctica, no solamente se desea recubrir de -- manera uniforme los objetos, sino que además es preciso -- obtener depósitos finos, brillantes y con buena adheren -- cia, que satisfagan ciertas necesidades técnicas.

El éxito en la preparación de tales depósitos depen -- de en gran manera de la aplicación adecuada de los facto -- res electroquímicos correspondientes.

Los depósitos electrolíticos de los metales general -- mente son de naturaleza cristalina, cada uno de los gra -- nos están formados por un gran número de celdas unitarias que poseen todas las cualidades del cristal. Las propie -- dades de los depósitos metálicos dependen del tamaño y -- disposición de los granos.

De lo anterior, los depósitos se clasifican según se indica a continuación

GRUPO I : Todos los cristales iniciales siguen aumen
tando en el seno del depósito.

a) Cristales aislados:

*Simétricos.

*Acirculares.

b) Cristales contiguos:

*Columnares.

*Fibrosos.

GRUPO II: Tan sólo una parte de los cristales ini -
ciales siguen creciendo.

a) Cónicos.

b) Gemelares.

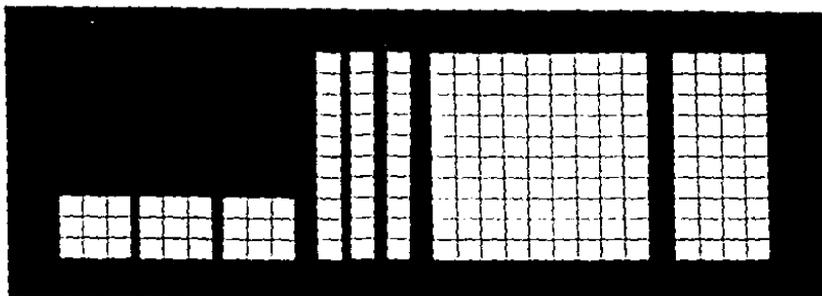
GRUPO. III: No crece ningún cristal.

a) Compactos.

b) Arborescentes.

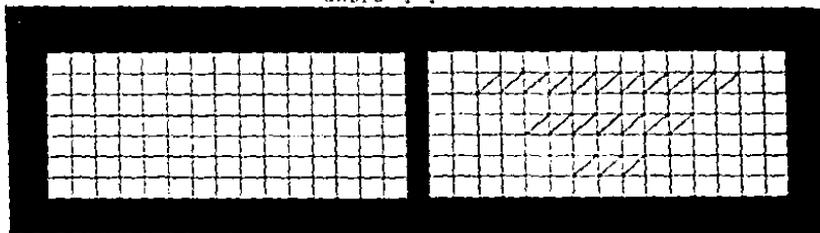
c) Pulvulentos.

GRUPO I



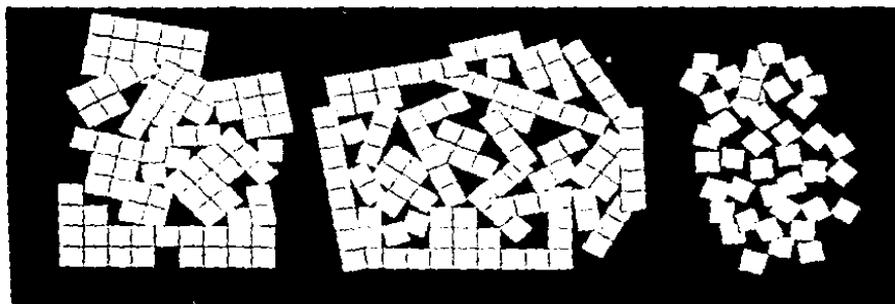
SIMÉTRICOS ACIRCULARES COLUMNARES FIBROSOS
(a) AISLADOS (b) CONTIGUOS

GRUPO I I



CONICOS GEMELARES

GRUPO I I I



COMPACTOS ARBORESCENTES PULVURULENTOS

Figura 2.- REPRESENTACION ESQUEMATICA DE LOS PRINCIPALES DEPOSITOS

Los efectos de algunos parámetros sobre las propiedades de los depósitos han sido resumidos en la siguiente--
 tabla:

CAMBIO DE CONDICION DE
 OPERACION

CAMBIO DE
 PROPIEDADES

(GRUPOS pág. 11)

Aumento de la concentración metálica de la sal	..... III → II → I
Aumento de la concentración del ión metálico	..... III → II → I
Aumento de la agitación del electrólito.	..... III → II → I
Elevación de la temperatura del electrólito	..... III → II → I
Incremento en la densidad de corriente	..... I → II → III

Generalmente las condiciones que favorecen al grupo-
 I proporcionarán depósitos de granos pequeños y buena - -
 adherencia; en tanto que las condiciones que favorecen al
 grupo II, darán como resultado pocos granos de gran tama-
 ño y de escasa adherencia: y con las condiciones que fa-
 vorecen al grupo III se obtendrán granos de adherencia --
 insatisfactoria.

1.3.1 ADHERENCIA

La adherencia es la capacidad de un recubrimiento -- electrolítico de permanecer firmemente unido al metal -- base, su importancia surge del hecho de que sin ésta, los depósitos podrían desprenderse al aplicárseles cualquier esfuerzo de tensión, como resultado de deformaciones mecánicas, cambios de temperatura ó desprendimiento de gases incluidos entre el metal y el recubrimiento.

Las causas de una adherencia pobre son las siguientes:

- a) La presencia de un material extraño entre el metal base y el recubrimiento.
- b) La presencia de una capa débil de metal, ya sea en la superficie base ó en los recubrimientos anteriores.
- c) La presencia de tensiones en el recubrimiento, -- generadas térmica ó mecánicamente durante la operación de la pieza.

La presencia de una capa débil de metal, en la superficie base, en algunas ocasiones no es evidencia de adherencia pobre, sino de excelente adherencia, debido a --

-que la unión del recubrimiento con el metal base es más fuerte que uno de los integrantes, lo cual se considera - para la mayoría de las aplicaciones como adherencia perfecta.

En estos casos es notorio que el problema es el metal base y entonces deben buscarse las etapas adecuadas - para el proceso de preparación superficial a fin de eliminar la capa débil de éste.

La importancia de una buena adherencia es tal, que - sería deseable contar con una especificación cuantitativa; sin embargo, actualmente no existe tal procedimiento, por lo que las pruebas de adherencia son fundamentalmente cualitativas.

Las pruebas de adherencia son procedimientos que inducen esfuerzos en el recubrimiento: Se dobla la pieza -- repetidamente, inclusive hasta llegara la fractura, se la somete a esfuerzos de tensión; se la golpea con un martillo, se la somete a algún ensayo de dureza utilizando un balín como penetrador, se raya con algún elemento punzo - cortante ó se somete a un choque térmico. Estas pruebas - solamente indican si el recubrimiento se encuentra firmemente unido al metal base ó no, por tanto, la información

-obtenida es netamente cualitativa. La finalidad de estas pruebas es caracterizar de manera burda la adherencia de un recubrimiento particular como nula, regular ó excelente. Las pruebas que se utilicen dependen de las condiciones de operación a las que será sometida la pieza.

1.4 EL COBRIZADO ELECTROLITICO

El cobrizado electrolítico es ampliamente utilizado como recubrimiento base en múltiples sistemas de deposición. Aunque el Cobre es relativamente resistente a la -- corrosión, rápidamente pierde su brillantez y se decolora cuando se encuentra expuesto al medio ambiente: consecuentemente el cobrizado electrolítico rara vez se utiliza -- como recubrimiento final, cuando se requiere una superficie atractiva.

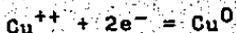
El Cobre puede ser depositado sobre una pieza metálica a partir de varios electrolitos, los principales -- son, el electrólito ácido (Sulfato de Cobre), el electrólito alcalino (Cianuro en Alta Concentración) y el electrolito alcalino "PARA BASE" (Sal de Rochelle en Alta Concentración).

1.4.1 ELECTROLITO ACIDO PARA COBRIZAR

El electrólito ácido para cobrizar es uno de los más sencillos que se conocen en la práctica de los recubrimientos electrolíticos; los principales componentes de éste - - electrólito son, el Sulfato de Cobre y el Acido Sulfúrico, - el primero se añade en forma de sal, $\text{Cu SO}_4 5\text{H}_2\text{O}$.

La función del ácido en el electrólito consiste en - - disminuir la resistividad y la concentración iónica del cobre, Cu^{++} , además de incrementar la corrosión del ánodo. El Sulfato suministra los iones de Cobre.

Al paso de la corriente a través del electrólito, los iones de Cobre son descargados en el metal base, que ha - - sido dispuesto como cátodo, tomando dos cargas negativas:



Por el contrario en el ánodo (Cobre) se da el proceso contrario:



y el Cobre se disuelve cediendo dos cargas negativas.

Los depósitos obtenidos mediante este electrólito, --

generalmente son del tipo arborescente (pág. 11), y por consecuencia, la distribución de estos no es uniforme. -- Sin embargo estos depósitos son de gran utilidad para sellar poros en fundiciones a presión. Habitualmente este electrólito, se aplica como recubrimiento intermedio, -- después de un cobrizado alcalino.

A continuación se presentan los constituyentes y las condiciones de operación del electrólito de cobrizado -- ácido, más usuales.

ELECTROLITO DE COBRIZADO ACIDO

CONSTITUYENTE	COMPOSICION
Sulfato de Cobre	205 gr/lt
Acido Sulfúrico	26.6 ml/lt

CONDICIONES

Temperatura	ambiente (20 'C aprox.)
Tiempo	2 min.
Densidad de Corriente	2 - 10 A/dm ²
Agitación	Muy suave
Anodo	Cobre

Fuente: ELECTROPLATING ENGINEERING HANDBOOK
A. Keneth Graham
Van Nostrand Reinhold Company

1.4.2 ELECTROLITOS ALCALINOS PARA COBRIZAR

El principal componente de los electrólitos alcalinos es el Cianuro de Cobre, sus iones se disocian como cuprosos, Cu^+ ; a diferencia del electrólito ácido, el ión se encuentra en forma cúprica, Cu^{++} .

El Carbonato de Sodio se agrega para mantener la solución alcalina; de esta forma se evita que el Dióxido de Carbono disuelto en el aire reaccione con el Cianuro de Sodio, formando Acido Cianhídrico, el cual es un veneno de rápida acción.

Con el fin de incrementar el rendimiento de la corriente y la corrosión del ánodo se utiliza el Tartrato de Sodio y Potasio (Sal de Rochelle); obteniéndose además, generalmente, depósitos aislados (pág. 11) como consecuencia de la alta concentración de Cobre y la cantidad relativamente baja de Cianuro libre.

Aunque los electrólitos de cobrizado alcalino no se utilizan con propósitos de limpieza, ejercen una acción de limpieza sobre la superficie del metal base; esta característica es ventajosa en los casos de piezas de difícil tratamiento.

En la siguiente tabla se presentan los constituyentes y las condiciones de operación de los electrolitos de cobrizado alcalino, más usuales.

ELECTROLITOS DE COBRIZADO ALCALINO

CONSTITUYENTE	EN ALTA CONCENTR.		PARA BASE
	COMPOSICION		COMPOSICION
	gr/lt		gr/lt
Cianuro de Cobre	40	. . . . .	26.3
Cianuro de Sodio	50	. . . . .	54.6
Carbonato de Sodio	30	. . . . .	30.0
Sal de Rochelle	60	. . . . .	45.0
Hidróxido de Sodio	0	. . . . .	10.0

CONDICIONES

Temperatura	40 °C	65 °C
Tiempo	2.5 min	5.0 min
Densidad de Corriente	0.1 -4.0 A/dm ²	0.1-4 A/dm ²
Agitación	muy suave	
Anodo	Cobre	

Fuente: ELECTROPLATING ENGINEERING HANDBOOK

A. Keneth Graham.

Van Nostrand Reinhold Company

1.5 PREPARACION SUPERFICIAL

Para que un recubrimiento electrolítico adherente -- pueda ser depositado en forma adecuada sobre un metal base dado, es necesario que éste sea sometido a un determinado proceso de preparación superficial. Cada una de las etapas del proceso representa diferentes aspectos de limpieza, cuyo objetivo final es la obtención de una superficie metálica que acepte convenientemente la deposición electrolítica. Así, la superficie ideal sería aquella, -- constituida en su totalidad por átomos del metal base, -- pero lograr esta condición es virtualmente imposible, aún en el laboratorio. De tal forma que una superficie satisfactoria sería aquella, que no contenga materiales extraños que interfieran con la formación de un depósito adherente. En general, lo anterior implica la remoción de -- grasas, películas de óxido, y en algunos casos cortezas -- de material dañado durante las operaciones mecánicas.

La selección de las etapas del proceso de preparación superficial adecuado a cada caso particular, depende en primer lugar, de la naturaleza del metal base y de la cantidad y origen de las impurezas e imperfecciones a ser removidas. Los metales ferrosos, en relación a los no

-ferrosos, generalmente requieren diferentes etapas durante el proceso. Definitivamente que el grado de contaminación guarda una relación directa con el número de etapas-necesarias durante el proceso de preparación superficial.

Un ciclo típico de preparación superficial incluye - las siguientes etapas:

1. Lavado, para remover contaminantes no adheridos.
2. Pulido Mecánico, para remover la corteza dañada durante las operaciones mecánicas.
3. Desengrase, para remover aceites, grasas y compuestos remanentes debidos al pulido mecánico.
4. Enjuague.
5. Decapado, para remover películas de óxidos.
6. Enjuague.

1.5.1 PULIDO MECANICO

El pulido mecánico es una operación empleada para -- remover ó suavizar imperfecciones del metal base, tales - como rayaduras de relativa profundidad, cavidades, marcas de herramientas y capas de óxido.

Esta operación puede ser realizada mediante telas ó -
ruedas, a las cuales un abrasivo está adherido. Este pro -
ceso remueve metal, lenta o rápidamente, y origina defor -
mación plástica sobre la superficie.

Los abrasivos naturales comunmente utilizados en las -
ruedas para pulir contienen de un 57 a un 75% de Oxido de -
Aluminio, y el remanente consiste de Oxido de Fierro y al -
gunas impurezas. Estos abrasivos son, generalmente, más --
económicos que los artificiales además son particularmente
útiles para pulir metales de baja dureza. Cuando los abra -
sivos naturales se aplican a los metales relativamente - -
duros, pierden rápidamente su consistencia.

El Oxido de Aluminio y el Carburo de Silicio son los -
abrasivos artificiales más utilizados. Estos son más duros,
uniformes, durables y sencillos de controlar que los abra -
sivos naturales: se aplican eficientemente para pulir me -
tales relativamente duros, debido a que los granos del - -
Oxido de Aluminio son altamente cortantes y están conteni -
dos por un material aglutinante de excelente calidad. El -
Carburo de Silicio tiene una mayor dureza que el Oxido de -
Aluminio, como consecuencia, los granos gastados se frac -
turan facilmente y aparecen nuevos granos cortantes, in --
crementandose de esta forma la vida útil del abrasivo.

Anteriormente a la introducción de las telas abrasivas, las ruedas eran el único medio para pulir una superficie. Las ruedas abrasivas se fabrican en una gran variedad de materiales, los más usuales son la lona ó muselina, cuero, fieltro, fibra y lana.

1.5.2 DESENGRASE

El desengrase puede consistir desde un simple lavado con algún detergente, hasta una combinación de varios tratamientos, debido a que la naturaleza de las impurezas a remover puede variar ampliamente.

Los solventes orgánicos se utilizan para disolver la mayoría de los aceites y grasas, incluso los compuestos aplicados durante el pulido mecánico. Una desventaja presentada por estos agentes de desengrase es que, la remoción de aceites y grasas en una superficie altamente contaminada puede originar que las impurezas de origen no graso se resequen y adhieran aún más firmemente que antes de su aplicación. Aunque los solventes orgánicos pueden ser usados simplemente como soluciones de inmersión, es más común y efectivo emplearlos en forma de vapor; de esta forma los vapores del solvente condensan sobre las piezas sometidas al desengrase arrastrando las impurezas

hacia un depósito de solvente líquido.

La tabla siguiente presenta los Hidrocarburos Alifáticos, Clorados, Alcoholes, y otros solventes comunmente-utilizados durante el desengrase. Los Hidrocarburos Alifáticos, probablemente son los más utilizados, debido a su alto punto de ignición y bajo costo. Los Hidrocarburos Clorados son excelentes solventes y no se inflaman, pero la mayoría de ellos son más tóxicos y costosos que los Alifáticos. En algunos casos, los Hidrocarburos Alifáticos se combinan con un 25 a 50% de algún Hidrocarburo Clorado para reducir el peligro de inflamación.

Los Alcoholes se utilizan para algunas aplicaciones-especiales, tal como la remoción de fundentes utilizados durante los procesos de soldadura. Los solventes de bajo-punto de ignición se utilizan generalmente en componentes de instrumentos de medición.

SOLVENTES COMUNMENTE UTILIZADOS EN EL DESENGRASE

SOLVENTE PUNTO DE IGNICION (°C) TOXICIDAD (ppm)

HIDROCARBUROS ALIFATICOS

Keroseno	63	---
Nafta	43	---

HIDROCARBUROS CLORADOS

Cloroformo . . .	--	50
Clorometileno .	--	500
Percloroetileno	--	100
Tricloroetano (1,1,1)	--	500
Tricloroetileno	--	100
Triclorotri - - fluoretano . . .	--	1000

ALCOHOLES

Etanol	14	1000
Isopropanol . .	10	400
Metanol	12	200

OTROS SOLVENTES

Acetona	-18	1000
Benzol	-11	25
Tolueno	4	200

FUENTES:

- PROTECTION CONTRE LA CORROSION
Louis Lacourcelle.
Presses Universitaires de France.
- METALS HANDBOOK 8th Edition
Vol. 2. "Heat treating, Cleaning and Finishing"
American Society for Metals.

El desengrase con solventes orgánicos frecuentemente es seguido por algún proceso de limpieza alcalina. Los agentes de limpieza alcalina son soluciones acuosas de compuestos de Sodio, tales como Silicato, Fosfato ó Hidróxido. La función de estos limpiadores es desalojar impurezas de la superficie, dispersándolas de manera que no se adhieran a la superficie, además disuelven por saponificación delgadas capas de grasas y aceites saponificables. La limpieza alcalina puede ser realizada por alguna o varias de las técnicas siguientes:

- a) Limpieza por inmersión,
- b) Limpieza catódica y
- c) limpieza anódica.

Las dos últimas técnicas se reconocen como electro-líticas. Los limpiadores alcalinos son invariablemente aplicados a elevadas temperaturas.

En la limpieza por inmersión la pieza es introducida en la solución, posiblemente con una agitación mediana. Normalmente se obtienen mejores resultados utilizando la limpieza electrolítica, la cual agrega a la acción detergente del electrolito la acción de arrastre de la evolución del gas sobre la superficie del metal base.

En la limpieza catódica la pieza a tratar se dispone como cátodo, y está envuelta por una doble cantidad adicional de gas, en éste caso Hidrógeno, que cuando la pieza se ha dispuesto como ánodo (limpieza anódica); el gasnaciente en éste último caso es Oxígeno. Sin embargo en la limpieza catódica, las impurezas disueltas en el electrolito pueden ser depositadas sobre el cátodo; además -- este puede ser fragilizado a causa del Hidrógeno naciente. Por otra parte, la limpieza anódica puede generar óxidos sobre la superficie de metales susceptibles, comunmente -- estas dos técnicas se combinan; un largo período de limpieza catódica se combina con un corto período de limpieza anódica.

1.5.3. DECAPADO

El decapado normalmente se aplica después del desengrase y tiene dos propósitos:

- a) Remover la película de óxido formada durante el desengrase, y/ó
- b) Neutralizar la película alcalina originada por la limpieza alcalina, la cual aún después de un enjuague satisfactorio puede permanecer sobre el -- metal base.

El decapado puede ser químico ó electrolítico. En el decapado químico se sumerge la pieza en una solución de Acido Clorhídrico ó Sulfúrico (del 10 al 30%), generalmente se utiliza éste último. La concentración y temperatura de la solución, y el tiempo de residencia del metal en la solución dependen de la naturaleza y cantidad de óxidos a eliminar.

En el decapado electrolítico la pieza se dispone como cátodo; el electrolito contiene de un 20 a 30% de Acido Sulfúrico, de esta forma el óxido es reducido a metal, perdiendo una cantidad despreciable de metal, sin embargo la pieza puede fragilizarse a causa del Hidrógeno nascente. Cuando la pieza se coloca como ánodo, las propiedades físicas del metal se mantienen constantes, pero entonces se pierde gran cantidad del metal por disolución anódica.

1.6 EL PROCESO INDUSTRIAL DE DEPOSICION ELECTROLITICA

Las operaciones necesarias en el proceso de los recubrimientos electrolíticos, incluyendo pulido mecánico - desengrase, enjuagues, decapado y deposición electrolítica, pueden ser realizadas manualmente ó con el grado de automatización deseado. Las piezas pueden ser suspendidas en tubos o engranes para ser introducidas en las cubas.

Cuando una gran cantidad de pequeñas piezas se van a procesar, pueden ser colocadas en volantes provistos con canastillas. El traslado de las piezas de una operación a otra puede ser efectuado mecánicamente.

La corriente requerida se obtiene de un motor-generador, es factible transformarla utilizando rectificadores. Los rectificadores transistorizados comunmente se manufacturan con Selenio, Germanio, ó Silicio. La corriente es transportada hacia las cubas de deposición a través de barras conductoras. Los ánodos se suspenden de la barra positiva, y las piezas a ser depositadas de la barra negativa. El voltaje en la cuba se mide con un voltmetro y la corriente con un ampermetro; estos instrumentos de medición son indispensables en cada cuba de deposición.

La agitación de los electrólitos es generalmente deseable. La agitación en forma sencilla consiste de un operador trasladando las piezas a lo largo de la cuba intermitentemente, pero es preferible la agitación automática. En algunos mecanismos automáticos las piezas son transportadas a través del electrólito mientras son tratadas.

La homogeneidad de las concentraciones de los distintos compuestos del electrólito y del depósito, general -- mente dependen en gran manera de la agitación y la temperatura de operación, por lo cual el control de estos factores es indispensable.

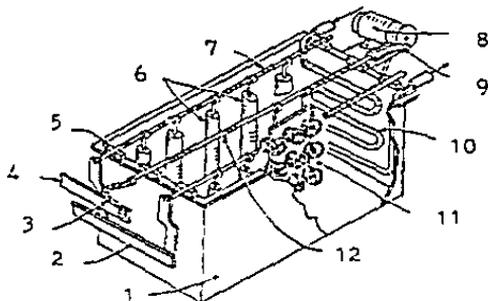


Fig. 3. Cuba de deposición electroquímica.

- 1.- Tanque.
- 2.- Barra conductora (positivo).
- 3.- Conductor flexible.
- 4.- Barra conductora (negativo).
- 5.- Pieza de material aislante.
- 6.- Anodos.
- 7.- Barra anódica.
- 8.- Motor de baja velocidad para dar movimiento oscilatorio a la barra de trabajo.
- 9.- Barra acopladora para producir movimiento oscilatorio.
- 10.- Serpentin para conservar la temperatura adecuada.
- 11.- Panel para carga de piezas.
- 12.- Barra de trabajo (cátodo).

CAPITULO II

EL ZINC Y SUS ALEACIONES

2.1 PRESENCIA DEL ZINC EN LA INDUSTRIA MEXICANA

El Zinc es un metal relativamente activo y sus productos son estables. Su principal aplicación es la protección contra la corrosión del Acero y otros metales en forma de recubrimiento protector. Además se utiliza para varios procedimientos mecánicos en forma de óxidos y polvos, la importancia de las pinturas de polvo de Zinc se está incrementando rápidamente. Otra importante aplicación del Zinc es la producción de fundiciones a presión debido a la alta calidad que poseen. También se utiliza en la producción de bronce y latones. A continuación se muestran los consumos de Zinc en México, de 1979 a 1985, por usos principales.

CONSUMO DE ZINC EN MEXICO POR USOS PRINCIPALES
(TONELADAS METRICAS)

	<u>1979</u>	<u>1980</u>	<u>1981</u>	<u>1982</u>	<u>1983</u>	<u>1984</u>	<u>1985</u>
GALVANIZACION	31,617	39,321	42,595	42,993	45,951	42,667	43,779
FUNDICION A PRESION	16,279	16,193	16,909	13,835	11,188	12,980	15,819
OXIDOS Y POLVOS	12,837	10,322	13,809	11,180	11,407	15,336	19,338
BRONCES Y LATONES	—	10,160	12,685	8,420	6,369	7,459	10,378
FILAS	7,746	7,566	8,364	8,676	5,512	5,392	5,206
OTROS	<u>4,831</u>	<u>5,346</u>	<u>5,432</u>	<u>5,659</u>	<u>8,386</u>	<u>6,218</u>	<u>4,663</u>
TOTAL	73,310	88,908	99,794	90,363	88,813	90,052	99,183

FUENTE: BOLETIN INFORMATIVO
INSTITUTO MEXICANO DEL ZINC, PLOMO, Y
COPRODUCTOS, A. C.
PUBLICACION ANUAL, 1979 - 1985

El decremento en la producción de fundiciones a presión durante los años 1982 a 1984 puede ser atribuido a la reducción del nivel de ventas de la industria automotriz y a la competencia de otras aleaciones y plásticos, particularmente en piezas que tienen limitaciones de peso y espacio. Sin embargo, la optimización de las propiedades de las fundiciones a presión y de las técnicas de acabado superficial, indican que las fundiciones a presión continuarán consumiendo grandes cantidades de Zinc en las industrias automotriz, de utensilios y de instrumentación.

El precio del Zinc y sus aleaciones en relación a los precios del Aluminio y de los plásticos, además de la preferencia de los consumidores por las piezas metálicas finamente acabadas y de mayor durabilidad, son factores que afectarán en forma positiva el consumo del Zinc.

2.2 LAS ALEACIONES BASE ZINC FUNDIDAS A PRESION

La principal aplicación del Zinc como material estructural son las aleaciones. El consumidor predominante es la industria automotriz, en la cual se utiliza para: manijas para puerta, seguros, componentes mecánicos y eléctricos, bastidores de aparatos y equipos, molduras, y ac

-cesorios de alumbrado, instrumentos y otros componentes, entre otros. El peso de estas aleaciones incluido en cada automóvil promedio refleja la necesidad de estructuras ligeras con acabado superficial atractivo, ya que éste disminuyó de 22.6 Kg en los modelos de 1974 a 12.78 Kg en los modelos de 1979.

Los constructores de equipos y aparatos constituyen el segundo sector consumidor de estas aleaciones, donde se utilizan para la producción de accesorios para puertas y ventanas, candados y llaves, muebles y mobiliario, herramientas de mano, accesorios para sanitarios, equipo marino, etc.

2.2.1 FUNDICIONES A PRESION DE BAJA ALEACION

La mayoría de las aleaciones base Zinc fundidas a presión contienen Aluminio como aleante principal. El contenido de Aluminio generalmente varía de 3.5 a 4.3%; esta adición mejora la colabilidad y el tamaño de grano.

Al agregar Cobre se incrementa la resistencia a la tensión y la protección contra elementos que promueven la corrosión intergranular; sin embargo en cantidades mayores al 5% puede reducir la resistencia al impacto.

También el Magnesio disminuye la corrosión intergranular. La presencia de este elemento en la aleación comúnmente varía de 0.005 a 0.008%.

Habitualmente estas aleaciones no deben contener más de 0.1% de Hierro; 0.002% de Plomo; 0.005% de Cadmio, Estaño ó Niquel; 0.25% de Titanio y 0.20% de Cromo, debido a que el exceso de uno o varios aleantes puede afectar -- notablemente las propiedades de la aleación.

2.2.2 FUNDICIONES A PRESION DE ALTA ALEACION

Estas aleaciones también se conocen como "Aleaciones de Alta Resistencia", debido a las propiedades que adquiere el material por la adición de Aluminio mayor al 5%. Las propiedades físicas y mecánicas, así como las composiciones reportadas de estas aleaciones se presentan a -- continuación .

PROPIEDADES DE LAS ALEACIONES DE ALTA RESISTENCIA

	<u>ALEACION No. 8</u>		<u>ALEACION No. 12</u>		<u>ALEACION No. 27</u>	
	<u>vacuada en molde permanente</u>		<u>vacuada en molde arena</u>	<u>permanente</u>	<u>vacuada en molde arena</u>	<u>permanente(*)</u>
PROPIEDADES FISICAS						
Densidad g/cm ³	6.37		6.03	6.03	5.01	5.01
Rango de Solidificación °C	375-404		377-432	377-432	375-487	375-487
PROPIEDADES MECANICAS						
Resistencia a la tensión Mpa	221-225		276-310	310-345	400-441	310-324
resistencia a la fluencia 0.2% Mpa	207		207	214	365	255
Elongación %	1-2		1-3	4-7	3-6	8-11
Dureza Brinell 9500 Kg por 30 s	85-90		92-96	105-125	110-120	90-100

(*) Tratada térmicamente

FUENTE: ENCICLOPEDIA OF CHEMICAL TECHNOLOGY
 "Zinc and Zinc Alloys" Vol. 24
 Kirk Othmer
 Third Edition
 John Wiley and Sons.

COMPOSICIONES DE LAS ALEACIONES DE ALTA RESISTENCIA

(% en peso)

ALEACION	No. 8	No. 12	No. 27
ALUMINIO	8.0-8.8	10.5 - 11.5	25.0 -28.0
COBRE	0.8-1.3	0.5 - 1.25	2.0 - 2.5
MAGNESIO	0.015 -0.03	0.015 - 0.03	0.01 - 0.02
FIERRO	0.10 máximo	0.075 máximo	0.1 máximo
PLOMO	0.004 "	0.004 "	0.004 "
CADMIO	0.003 "	0.003 "	0.003 "
ESTAÑO	0.002 "	0.002 "	0.002 "
ZINC	balance	balance	balance

FUENTE: ENCICLOPEDIA OF CHEMICAL TECHNOLOGY
 "Zinc and Zinc Alloys" Vol. 24
 Kirk Othemer
 Third Edition
 John Wiley and Sons.

Las densidades reflejan el efecto del Aluminio. La aleación No. 27 es aproximadamente un 30% más ligera que el Zinc; 17% que la No. 12 y 21% que la No. 8. Las tres poseen en una buena combinación de propiedades mecánicas.

La aleación NO. 27 vaciada en arena es superior a las otras dos con una resistencia a la tensión mayor en un 50% aproximadamente; su ductilidad es relativamente alta, y además posee una excelente resistencia a la fluencia.

Las propiedades mecánicas de estas aleaciones son iguales o superiores a las de muchos Bronces y Latones, Aluminio y Aceros.

2.3 DELIMITACION DEL PROBLEMA

Las aleaciones Zinc-Aluminio-Cobre, con alto contenido de Aluminio (20-30%) han adquirido gran importancia en las industrias automotriz, de instrumentos y utensilios, de componentes eléctricos y electrónicos, de accesorios domésticos y maquinaria, entre otras. Tanto desde el punto de vista económico, como de propiedades físicas y mecánicas, representan una opción ventajosa en relación a los materiales utilizados tradicionalmente. Estas aleaciones pueden ser maquinadas, dobladas, acuñadas; ensambladas por remaches, pernos y soldadura.

Cuando estas aleaciones se encuentran sometidas a atmósferas corrosivas, no presentan una superficie atractiva. Para mejorar su aspecto es necesario se las aplique un proceso de acabado superficial. Como recubrimiento base, generalmente se utiliza un cobrizado, el cual sirve para la deposición adecuada de recubrimientos posteriores. Debido al alto contenido de Aluminio que poseen estas aleaciones, el Cobre depositado electrolíticamente, generalmente es poco adherente, a causa de la relación inversamente proporcional existente entre el contenido de Aluminio y la adherencia del depósito.

Este trabajo está enfocado a determinar algunos parámetros vitales del proceso para cobrizar las aleaciones - Zinc-Aluminio-Cobre, con alto contenido de Aluminio - - - (20 - 30% en peso), a fin de obtener un recubrimiento de Cobre uniforme, fino y adherente, de tal manera que no afecte la aplicación de los recubrimientos posteriores.

De esta manera se pretende obtener un acabado superficial satisfactorio, fomentando así su utilización y - - ventajas frente a otros materiales.

CAPITULO III

EXPERIMENTACION

3.1 PREPARACION SUPERFICIAL

El proceso de preparación superficial que se utilizó para cobrizar las aleaciones Zinc-Aluminio-Cobre se describe a continuación. Fué realizado de la forma más acorde de posible a la práctica generalizada, con el fin de facilitar su implementación en las plantas industriales.

3.1.1 PULIDO MECANICO

Las muestras utilizadas son láminas de aleación - - Zinc-Aluminio-Cobre con alto contenido de Aluminio de - - 7 x 3 x (0.161) ca., las cuales se pulieron de la siguiente manera:

1. Desbaste con lija de agua, grado 240
2. " " " " " " 360
3. " " " " " " 400
4. " " " " " " 600
5. Pulido con rodillo de lona y pasta blanca
(Oxido de Aluminio)

3.1.2 DESENGRASE

Después del pulido mecánico las muestras quedaron libres de imperfecciones superficiales y óxidos, permaneciendo solamente los residuos de la pasta para pulir, por lo cual el desengrase se realizó con solventes orgánicos, utilizando el método de inmersión.

Al secarse el solvente sobre la superficie metálica quedan residuos de éste, lo cual podría afectar la formación adecuada de un depósito adherente. Para determinar la influencia del agente de desengrase sobre el depósito, los experimentos se realizaron utilizando Acetona, Percloroetileno y Tricloroetileno; aplicando uno de ellos en cada caso.

3.1.3 RECUBRIMIENTO

La literatura menciona que generalmente los electrolitos alcalinos ofrecen mejores resultados como recubrimiento base, pero para el caso específico de las aleaciones Zinc - Aluminio - Cobre no se tiene información, por lo cual se realizaron los experimentos utilizando los electrolitos alcalinos y ácido.

3.1.4 VARIABLES

Las variables elegidas para esta experimentación fueron:

- a) Agente de desengrase:
 - 1. Acetona
 - 2. Percloroetileno
 - 3. Tricloroetileno

- b) Electrólito:
 - 1. Acido
 - 2. Alcalino de Cianuro en Alta Concentración
 - 3. Alcalino "Para Base"

- c) Densidad de corriente:
Con un rango de 0.1 a 10 A/dm².

3.2 COBRIZADO ACIDO

ELECTROLITO ACIDO (Pág.18)

3.2.1 EQUIPO Y UTENSILIOS

- * Báscula "METTLER", sensibilidad ± 1 gr; capacidad 3600 g.
- * Parrilla con agitador magnético, "NUOVA II"
- * Fuente de corriente "POLIPOWER"; capacidad 10 Amp.
- * Reloj "darkroom timer GRALAB"
- * Vaso de precipitados de 900 ml.
- * Espátula.
- * Cables banana-caimán.
- * Probeta de 100 ml.

3.2.2 PROCESO.

En el vaso de precipitados se introdujeron 82.3 g de Sulfato de Cobre y 500 ml de agua, además del agitador magnético; posteriormente se colocó éste en la parrilla y la solución se agitó hasta que llegó a ser homogénea; finalmente se incorporó a la solución el Acido Sulfúrico.

Las muestras de aleación Zn-Al-Cu (cátodos) se sometieron al desengrase con Acetona, Percloroetileno ó Tricloroetileno, según el caso.

Los electrodos se conectaron a la fuente de corriente por medio de los cables y entonces fueron sumergidas en el electrólito. La distancia entre los electrodos fue de 3 cm. aproximadamente.

El tiempo de residencia de los electrodos en el electrólito se mantuvo en 2 min.

Los experimentos se realizaron de acuerdo con las tablas que aparecen a continuación.

EXPERIMENTACION: COBRIZADO ACIDO

DESENGRASE	A C E T O N A				
EXPERIMENTO #	1	2	3	4	5
DES. DE CORR. A/dm ²	2	4	6	8	10

DESENGRASE	P E R C L O R O E T I L E N O				
EXPERIMENTO #	6	7	8	9	10
DES. DE CORR.	2	4	6	8	10

DESENGRASE	T R I C L O R O E T I L E N O				
EXPERIMENTO #	11	12	13	14	15
DES. DE CORR. A/dm ²	2	4	6	8	10

Los siguientes parámetros se mantuvieron constantes:

- a) Temperatura: ambiente (20 °C aprox.)
- b) Tiempo: 2 min.
- c) Agitación: muy suave.

3.3 COBRIZADO ALCALINO

ELECTROLITO ALCALINO "CN ALTA CONCENTRACION" (Ver pág.20)

3.3.1 EQUIPO Y UTENSILIOS

Báscula "METTLER", sensibilidad ± 1 g; capacidad de 3600 g.

Parrilla con agitador magnético, "NUOVA II"

Fuente de corriente "POLIPOWER"; capacidad 10 Amp.

Reloj "darkroom timer GRALAB".

Vaso de precipitados de 900 ml.

Espátula.

Cables banana-caimán.

3.3.2 PROCESO

En el vaso de precipitados se pesaron los reactivos y se agregaron 500 ml de agua, posteriormente, se introdujo en el vaso al agitador magnético y se colocó el vaso sobre la parrilla agitando así la solución hasta que llegó a ser -- homogénea, elevando además la temperatura a 40 °C.

Las muestras que funcionaron como cátodos fueron sometidas al desengrase con Acetona, Percloroetileno, ó Tricloroetileno, según el caso.

Los electrodos se conectaron a la fuente de corriente por medio de los cables, posteriormente, se introdujeron los electrodos en el electrólito separados una distancia aproximada de 3 cm.

El tiempo de residencia de los electrodos en el electrólito fue de 2.5 minutos.

Los experimentos se realizaron de acuerdo con las tablas que se presentan a continuación.

EXPERIMENTACION: COBRIZADO ALCALINO "CN ALTA CONCENTRACION"

DESENGRASE	A C E T O N A									
EXPERIMENTO #	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
DES. DE CORR. N/dm ²	0.1	0.3	0.5	0.7	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0

DESENGRASE	P E R C L O R O E T I L E N O									
EXPERIMENTO #	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
DES. DE CORR. N/dm ²	0.1	0.3	0.5	0.7	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0

DESENGRASE	T R I C L O R O E T I L E N O									
EXPERIM. #	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
DES. DE CORR.	0.1	0.3	0.5	0.7	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0

Los siguientes parámetros se mantuvieron constantes:

- a) Temperatura: 40 °C
- b) Tiempo: 2.5 min.
- c) Agitación: muy suave.

3.4 COBRIZADO ALCALINO

ELECTROLITO ALCALINO "PARA BASE" (Ver pág. 20)

3.4.1 EQUIPO Y UTENSILIOS

Báscula "METTLER", sensibilidad ± 1 g; capacidad de 3600 g

Parrilla con agitador magnético, "NUOVA II"

Fuente de corriente "POLIPOWER"; capacidad 10 Amp.

Reloj "Darkroom timer GRALAB".

Vaso de precipitados de 900 ml.

Espátula.

Cables banana-caimán.

3.4.2 PROCESO.

En el vaso de precipitados se pesaron los reactivos y se agregaron 500 ml de agua, posteriormente, se introdujo en el vaso el agitador magnético y se colocó el vaso sobre la parrilla agitando así la solución hasta que llegó a ser homogénea, elevando además la temperatura a 65 °C.

Las muestras que funcionaron como cátodos fueron sometidas al desengrase con Acetona, Percloroetileno, ó Tricloroetileno, según el caso.

Los electrodos se conectaron a la fuente de corriente por medio de los cables, posteriormente, se introdujeron los electrodos en el electrólito separados una distancia aproximada de 3 cm.

El tiempo de residencia de los electrodos en el electrólito fue de 5.0 minutos.

Los experimentos se realizaron de acuerdo con las tablas que se presentan a continuación.

EXPERIMENTACION: COBRIZADO ALCALINO "PARA BASE"

DESENGRASE

A C E T O N A

EXPERIMENTO #	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55
DEIS. DE CORR. A/cm ²	0.1	0.3	0.5	0.7	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0

DESENGRASE

P E R C L O R O E T I L E N O

EXPERIMENTO #	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65
DEIS. DE CORR. A/cm ²	0.1	0.3	0.5	0.7	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0

DESENGRASE

T R I C L O R O E T I L E N O

EXPERIMENTO #	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75
DEIS. DE CORR. A/cm ²	0.1	0.3	0.5	0.7	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0

Los siguientes parámetros se mantuvieron constantes:

- Temperatura: 65 °C
- Tiempo: 5 min.
- Agitación: Muy suave
- HI (colorímetro) : 12.0

3.5 PRUEBAS DE ADHERENCIA

Después que las muestras fueron cobrizadas, se comprobó la bondad de la adherencia por medio de su aspecto físico, - pruebas físicas y choque térmico, a continuación se describirán brevemente estas comprobaciones.

ASPECTO FISICO: El aspecto de la muestra cobrizada puede -- ser granuloso y opaco ó fino y brillante. Cuando el aspecto es granuloso y opaco no se tiene buena adherencia, por el -- contrario si el aspecto es fino y brillante, entonces su -- puestamente se tiene buena adherencia.

3.5.1 PRUEBAS FISICAS

a) Cinta adhesiva: La cinta se pega a la muestra y se vuelve a despegar, si la adherencia es buena cuando se despegala cinta, no se desprenden partículas del recubrimiento; y si al despegar la cinta se desprenden con esta partículas -- del recubrimiento entonces la adherencia que se tiene es in satisfactoria.

b) Doblado a 90': La muestra se dobla a 90', quedando así -- en escuadra, entonces se observa lo que pasa en la línea -- del doblado: puede suceder que el recubrimiento se desprenda -- parcialmente ó que permanezca intacto, entonces se tiene -- nula, regular o excelente adherencia; dependiendo del grado de desprendimiento.

c) Bruñido: Con un elemento punzocortante se fricciona la muestra, se tiene buena adherencia si el recubrimiento solamente se raya; por el contrario, si éste se desprende por zonas es prueba de adherencia insatisfactoria.

CHOQUE TERMICO: Para esta prueba se utiliza un horno eléctrico, el cual se encuentra a 200°C, entonces las muestras son sometidas a esta temperatura durante 15 minutos, posteriormente se extraen del horno y se enfrían repentinamente en agua a 20°C y se observa si hay algún efecto visible en la muestra, si esta presenta el recubrimiento levantado ó en forma de ámpulas en regiones, entonces la adherencia es deficiente, si el recubrimiento no presenta efecto alguno debido al choque térmico, entonces la adherencia es excelente.

C A P I T U L O I V

R E S U L T A D O S

4.1 PRUEBAS DE ADHERENCIA

Las pruebas de adherencia se efectuaron en cada una de las muestras cobrizadas y se calificaron de la siguiente forma:

a) Aspecto:

1. Recubrimiento fino y brillante.
2. Recubrimiento poco granuloso y no muy brillante.
3. Recubrimiento casi ó totalmente granuloso y opaco.

b) Cinta Adhesiva:

1. No se desprendió el recubrimiento.
2. El recubrimiento se desprendió en forma puntual.
3. El recubrimiento se desprendió en zonas relativamente grandes, de manera continua.

c) Doblado a 90°:

1. El recubrimiento permaneció firmemente - unido al metal base.

2. El recubrimiento se desprendió en forma puntual.
3. El recubrimiento se desprendió en zonas relativamente grandes del radio externo y/o interno, de manera continua.

d) Bruñido:

1. El recubrimiento solamente se rayó.
2. El recubrimiento se desprendió en pequeñas zonas.
3. El recubrimiento se desprendió en zonas relativamente grandes, de manera continua.

e) Choque térmico:

1. El recubrimiento permaneció firmemente unido al metal base.
2. El recubrimiento presentó una pequeña cantidad de ámpulas.
3. El recubrimiento presentó gran cantidad de ámpulas.

4.1.1 PRUEBAS DE ADHERENCIA PARA EL COBRIZADO ACIDO

Como todos los experimentos realizados con el electrolito Acido presentaron nula adherencia, además que el recubrimiento fue totalmente granuloso en todos los casos, no se efectuó ninguna prueba de adherencia. Al someter las muestras cobrizadas al flujo de agua durante el enjuague, la velocidad de éste desprendió totalmente el recubrimiento.

4.1.2 PRUEBAS DE ADHERENCIA PARA EL COBRIZADO ALCALINO

En las siguientes tablas se presentan las pruebas de adherencia que se efectuaron en las muestras cobrizadas mediante los electrolitos alcalinos.

4.1.2 PRUEBAS DE ADHERENCIA PARA EL COBRIZADO ALCALINO

PRUEBA: DE ADHERENCIA: BRUÍDO

$\frac{A}{\text{cm}^2}$	0.1	0.3	0.5	0.7	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0
-------------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

COBRIZADO ALCALINO "CN ALTA CONCENTR."

T = 40 °C t = 2.5 min.

ACETONA	1	1	1	2	3	3	3	3	3	3
PERCLORO ETILENO	1	1	1	2	3	3	3	3	3	3
TRICLORO ETILENO	1	1	1	2	2	3	3	3	3	3

COBRIZADO ALCALINO "PARA BASE"

T = 65 °C t = 5.0 min.

ACETONA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
PERCLORO ETILENO	1	1	1	1	1	2	3	3	3	3
TRICLORO ETILENO	1	1	1	1	1	2	2	3	3	3

PRUEBAS DE ADHERENCIA: DOBLADO A 90°

$\frac{A}{d^2}$	0.1	0.3	0.5	0.7	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0
-----------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

+ + + + + COBRIZADO ALCALINO "CN ALTA CONCENTR." + + + + +

T = 40 °C t = 2.5 min.

ACETONA	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3
PERCLORO ETILENO	1	1	1	1	2	3	3	3	3	3
TRICLORO ETILENO	1	1	1	1	2	2	2	3	3	3

+ + + + + COBRIZADO ALCALINO "PARA-BASE" + + + + +

T = 65 °C t = 5.0 min.

ACETONA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
PERCLORO ETILENO	1	1	1	1	1	2	3	3	3	3
TRICLORO ETILENO	1	1	1	1	1	2	2	3	3	3

PRUEBAS DE ADHERENCIA: CHOQUE TERMICO

$\frac{A}{dm^2}$	0.1	0.3	0.5	0.7	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0
------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

+ + + + + COBRIZADO ALCALINO "CN ALTA CONCENTR." + + + + +
 T = 40 °C t = 2.5 min.

TRICLORO PERCLORO ACETONA ETILENO	1	1	1	2	3	3	3	3	3	3
TRICLORO PERCLORO ETILENO	1	1	1	2	3	3	3	3	3	3
TRICLORO PERCLORO ETILENO	1	1	1	2	2	3	3	3	3	3

+ + + + + COBRIZADO ALCALINO "PARA BASE" + + + + +
 T = 65 °C t = 5.0 min.

TRICLORO PERCLORO ACETONA ETILENO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
TRICLORO PERCLORO ETILENO	1	1	1	1	1	2	2	3	3	3
TRICLORO PERCLORO ETILENO	1	1	1	1	1	2	3	3	3	3

4.2 T A B L A S D E R E S U L T A D O S

El resultado total de las pruebas de adherencia realizadas a cada experimento se evaluó de la siguiente manera:

1. EXCELENTE ADHERENCIA:

El experimento obtuvo en todas las pruebas calificación de (1). *

2. REGULAR ADHERENCIA:

El experimento obtuvo en una ó más pruebas calificación de (2), pero ninguna calificación de (3). *

3. DEFICIENTE ADHERENCIA:

El experimento obtuvo en una ó más pruebas calificación de (3). *

* Ver 4.1

PRUEBAS DE ADHERENCIA: RESULTADOS

$\frac{A}{d_B}$	2	4	6	8	10
-----------------	---	---	---	---	----

+ + + + + COBRIZADO ACIDO + + + + +

T = 20 °C t = 2 min.

ACETONA	3	3	3	3	3
TRICLORO ETILENO	3	3	3	3	3
PERCLORO ETILENO	3	3	3	3	3

PRUEBAS DE ADHERENCIA: * * RESULTADOS * *

$\frac{A}{d_m^2}$	0.1	0.3	0.5	0.7	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0
-------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

+ + + + + COBRIZADO ALCALINO "CN ALTA CONCENTR." + + + + +

T = 40 °C t = 2.5 min.

ACETONA	1	1	1	2	3	3	3	3	3	3
PERCLORO ETILENO	1	1	1	2	3	3	3	3	3	3
TRICLORO ETILENO	1	1	1	2	3	3	3	3	3	3

+ + + + + COBRIZADO ALCALINO "PARA BASE" + + + + +

T = 65 °C t = 5.0 min.

ACETONA	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
PERCLORO ETILENO	1	1	1	1	1	2	3	3	3	3
TRICLORO ETILENO	1	1	1	1	1	2	3	3	3	3

C A P I T U L O V

DISCUSION DE LOS RESULTADOS

5.1 COBRIZADO ACIDO

a) Calidad de los depósitos obtenidos:

En los recubrimientos obtenidos mediante el electrólito de cobrizado ácido, el Cobre fue depositado en forma arborescente (grupo III, pág. 11), lo cual puede atribuirse a que una de las funciones del Acido Sulfúrico es mantener en un nivel bajo la concentración iónica del Cobre en el electrólito (1.4.1). Los depósitos arborescentes generaron que los experimentos realizados, presentaran nula adherencia y una distribución de los mismos no uniforme, (1.3).

b) Influencia del agente de desengrase sobre los depósitos:

En algunos casos las impurezas residuales debidas al solvente utilizado durante el desengrase afectan la adherencia de los depósitos (1.3.1), para el caso de los depósitos obtenidos mediante este electrólito lo anterior resulta irrelevante. Con ninguno de los agentes de desengrase empleados, Acetona, Percloroetileno y Tricloroetileno, se obtuvieron recubrimientos de adherencia aceptable.

c) Influencia de la densidad de corriente sobre el recubrimiento:

Aunque al variar la densidad de corriente dentro del rango de 2 a 10 A/dm² se favoreció la formación de depósitos aislados (grupo I, pág. 11), no se logró la obtención de tales depósitos; el resultado invariablemente fue nula adherencia.

5.2 COBRIZADO ALCALINO

La formación de depósitos aislados de adherencia aceptable obtenidos mediante los electrólitos de cobrizado alcalino, fue promovida por la acción del Tartrato Sodopotásico (Sal de Rochelle), el cual mantiene elevado el nivel de concentración iónica del Cobre (1.4.2); y además la acción de limpieza que ejercen estos electrólitos sobre la superficie del metal base favoreció en gran manera la adherencia.

5.2.1 COBRIZADO ELECTROLITICO "CN ALTA CONCENR."

a) Influencia del agente de desengrase sobre los depósitos:

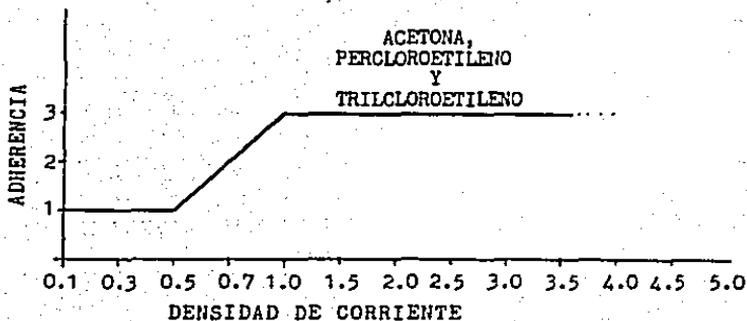
Las impurezas residuales debidas al solvente utilizado durante el desengrase, Acetona, Percloroetileno ó Tricloroetileno, no afectaron apreciablemente la adherencia de los depósitos obtenidos mediante este electrólito.

b) Influencia de la densidad de corriente sobre el recubrimiento:

Con este electrólito se pueden obtener los siguientes tipos de depósitos, en función de la densidad de corriente aplicada, independientemente del solvente empleado durante el desengrase.

DEPOSITOS OBTENIDOS MEDIANTE EL COBRIZADO ALCALINO
 "CN ALTA CONCENTR."

<u>DENSIDAD DE CORRIENTE</u> A/dm ²	<u>TIPO DE DEPOSITOS</u> (Pág. 11)	<u>ADHERENCIA</u>
0.1 - 0.5	AISLADOS (grupo I)	(1) <u>EXCELENTE</u>
0.7	grupo II	(2) <u>REGULAR</u>
mayor de 1.0	ARBORESCENTES (grupo III)	(3) <u>NULA</u>



5.2.2 COBRIZADO ALCALINO "PARA BASE"

a) Electrólito "PARA BASE" vs Electrólito "CN ALTA CONCENTR.":

Este electrólito arrojó mejores resultados que el -- electrólito alcalino "CN ALTA CONCENTR.", posiblemente debido a la mayor temperatura de operación (1.3) y a la acción de limpieza más enérgica por la adición del Hidróxido de Sodio, (1.5.2).

b) Influencia del agente de desengrase sobre los depósitos:

Las impurezas residuales debidas al solvente utilizado durante el desengrase afectaron notablemente la adherencia de los depósitos obtenidos mediante este electrólito. Al utilizar Acetona se obtuvieron depósitos adherentes con -- densidades de corriente bastante más elevadas que cuando se empleó Percloroetileno y Tricloroetileno.

c) Influencia del agente de desengrase y de la densidad -- de corriente sobre los depósitos:

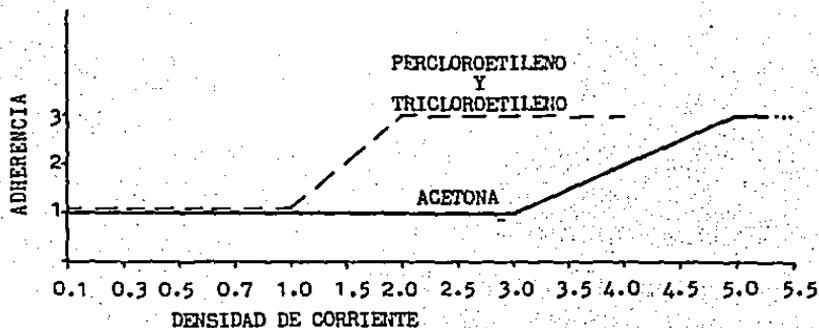
Con este electrólito se pueden obtener los siguientes tipos de depósitos, en función del solvente empleado durante el desengrase y de la densidad de corriente aplicada.

DEPOSITOS OBTENIDOS MEDIANTE EL COBRIZADO ALCALINO

"PARA BASE"

<u>DENSIDAD DE CORRIENTE</u> A/dm ²	<u>DESENGRASE</u>	<u>TIPO DE DEPOSITO</u>	<u>ADHERENCIA</u>
0.1 - 3.0	ACETONA		
0.1 - 1.0	PERCLOROETILENO	<u>AISSADO</u> (1)	<u>EXCELENTE</u>
0.1 - 1.0	TRICLOROETILENO	(grupo I pag.11)	
4.0	ACETONA		
1.5	PERCLOROETILENO	(grupo II) (2)	<u>REGULAR</u>
1.5	TRICLOROETILENO		
mayor de 5.0 (*)	ACETONA		
mayor de 2.0	PERCLOROETILENO	ARBUSCENNE (3)	<u>NULA</u>
mayor de 2.0	TRICLOROETILENO	(grupo III)	

(*) Estimada



CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS

6.1 CONCLUSIONES

-La naturaleza de los depósitos obtenidos mediante el electrólito de cobrizado ácido se mantiene invariable al aplicar Acetona, Percloroetileno y Tricloroetileno durante el desengrase, además las densidades de corriente entre 2 y 10 A/dm² no proporcionan depósitos adherentes, por lo cual consideramos que el Cobrizado Acido no es útil para formar un recubrimiento base en las aleaciones Zinc - Aluminio - Cobre, con alto contenido de Aluminio (20 - 30% en peso).

-Los electrólitos alcalinos ofrecen excelentes resultados como recubrimiento base en las aleaciones citadas.

Con el electrólito de cobrizado alcalino "CN ALTA CONCEN" se pueden obtener depósitos de excelente adherencia con densidades de corriente no mayores de 0.5 A/dm², independientemente del solvente que se utilice durante el desengrase, -- Acetona, Percloroetileno ó Tricloroetileno.

Con el electrólito alcalino "PARA BASE" se pueden obtener mejores resultados que con el electrólito anterior.

Es posible producir depósitos de excelente adherencia con densidades de corriente hasta de 3 A/dm² al aplicar Acetona durante el desengrase; y al aplicar Percloroetileno y Tricloroetileno con densidades de corrientes no mayores al 1 A/dm².

Antes de decidir que tipo de electrólito alcalino y que agente de desengrase es conveniente utilizar, algunos factores - deben ser tomados en cuenta independientemente de los resultados arrojados por esta experimentación, tales como:

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

a) El costo del electrólito, generalmente el electrólito "PARA BASE" es más económico que el electrólito "CN ALTA CONCENTR".

b) La toxicidad y el costo del solvente que se desee emplear durante el desengrase; generalmente la Acetona es más económica que el Percloroetileno, y este a su vez que el Tricloroetileno; pero el grado de toxicidad de la Acetona es 10 veces mayor que el de los otros dos solventes mencionados.

c) Los sistemas de ventilación necesarios, para evitar posibles intoxicaciones.

6.2 SUGERENCIAS

-Realizar investigaciones posteriores en relación al Cobrizado Acido:

a) Como recubrimiento base: agregando una etapa en el proceso de preparación superficial, de esta forma se incluirán las etapas de: púlido mecánico, desengrase con Acetona, Percloroetileno y Tricloroetileno y un proceso de limpieza alcalina. Posiblemente, al efectuar la limpieza alcalina sobre el metal base se logre mejorar la adherencia del recubrimiento.

b) Como recubrimiento intermedio: utilizando los electrolitos alcalinos para formar un recubrimiento base en el metal, cobrizando después el metal base mediante el electrolito ácido con el propósito de incrementar el espesor de la capa de Cobre.

-Realizar investigaciones en torno a los procesos de cobrizado ácido y alcalino empleando como variables:

a) La temperatura del electrolito; manteniendo constantes el tiempo de residencia del metal base en el electrolito y la densidad de corriente.

b) El tiempo de residencia del metal base en el electrolito; manteniendo constantes la temperatura del electrolito y la densidad de corriente.

-Realizar investigaciones posteriores referentes al espesor de los recubrimientos, aplicando las mejores condiciones de operación de cada electrólito.

NOTA: Es indispensable conservar, en la medida posible, la sencillez del procedimiento para cobrizar las aleaciones -- Zinc - Aluminio - Cobre, con alto contenido de Aluminio - - (20 - 30% en peso), con el fin de facilitar la implementación industrial del mismo.

B I B L I O G R A F I A

- INGENIERIA ELECTROQUIMICA.
C.L. Mantell.
Editorial Reverté, S. A.

- ELECTROPLATING ENGINEERING HANDBOOK
A. Keneth Graham.
Van Nostrand Reinhold Company.

- METALS HANDBOOK 8 th Edition
Vol. 2 "Heat Treating, Cleaning and Finishing"
American Society for Metals.

- GALVANOTECNIA Y GALVANOPLASTIA.
Blum - Hogaboom
Editorial C.E.C.S.A.

- GALVANOTECNIA: TECNICA Y PROCEDIMIENTOS.
Glayman - Farkas.
Ediciones Cedel.

- ELECTROQUIMICA "APLICACIONES"
Lamberto A. Rubio Felipe
Editorial Tecnos.

- PROTECTION CONTRE LA CORROSION.
Louis Lacourcelle.
Presses Universitaires de France.

- RECUBRIMIENTOS PROTECTORES DE LOS MATERIALES .
Burns -Bradley.
Ediciones Interamericanas.

- ENCICLOPEDIA OF CHEMICAL TECHNOLOGY
Kirk - Othemer
Third Edition
John Wiley and Sons.

PUBLICACIONES PERIODICAS

* METAL FINISHING.

Revista Mensual, 1981-1985.

* METAL FINISHING.

Guide Book & Directory 1986.

* BOLETIN INFORMATIVO.

Instituto Mexicano del Zinc, Plomo y Coproductos, A.C.

Publicación Anual, 1979 - 1985.

ORGANIZACIONES

* INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN MATERIALES

* INSTITUTO MEXICANO DEL ZINC, PLOMO Y COPRODUCTOS, A. C.