

CARACTERIZACIÓN DE CONDICIONES DE OPERACIÓN DE UNA PLANTA PILOTO DE GALVANOPLASTIA.

F. Valdez-De Jesús^{1,*}, V. E. Reyes-Cruz¹, J. A. Cobos-Murcia², M. A. Veloz-Rodríguez¹,
G. Urbano-Reyes¹, F. J. Barraza-Navarro³

¹Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Área Académica de Ciencias de la Tierra y Materiales, Pachuca, C.P. 03940, México.

²Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Depto. de Cátedras, Ciudad de México, C.P. 03940, México.

³Centro de Tecnología dedicado a la investigación, diseño e innovación tecnológica, Áreas Metalmeccánica, Metalúrgica y Electrónica, Ciudad Sahagún México C.P 43990

* Autor de correspondencia: fama_ari@hotmail.com

RESUMEN

En gran parte de las empresas de galvanoplastia debido a la demanda y el tiempo de los procesos, es muy complicado realizar un estudio a nivel piloto para controlar las variables que determinan la cantidad y calidad de los depósitos. Por lo tanto, en este trabajo se presenta un estudio para determinar las condiciones de corriente y potencial, así como evaluar algunos tipos de agitación para controlar la calidad de los depósitos, utilizando soluciones electrolíticas de la industria. Se utilizó una celda electrolítica típica con capacidad de 72 L conectada a una fuente de poder, como ánodos se usaron placas de latón y como cátodo se utilizó una lámina de acero inoxidable 304, utilizando un multímetro para registrar la corriente y el potencial durante el electrodeposición. La agitación de la solución electrolítica se controló de tres formas: flujo de aire, propela y utilizando propela con un equipo sonotrodo. Los resultados mostraron que el codepósito de Cu-Zn (latonado) ocurre en un intervalo de corriente entre 0.35 a 0.37 A y un voltaje de -0.35 0 -0.42 V, para evitar la evolución de hidrógeno o que únicamente se deposite cobre. También se determinó que el tipo de agitación donde se controla mejor el depósito fue con la propela y el equipo sonotrodo juntos. Mientras que, de las tres formas diferentes de agitación, la que mejor dio resultado fue la agitación con el sonotrodo junto con la propela, que evita una pasivación de la superficie de los ánodos por la posible formación de óxidos, obteniendo además un flujo más controlado de los iones del ánodo hacia el cátodo.

Palabras Clave: Codepósito Cu-Zn, latonado, Galvanoplastia, recubrimiento electrolítico, soluciones electrolíticas, pasivación de electrodos.

1. INTRODUCCIÓN

La galvanoplastia comercial de níquel, latón, estaño y zinc se desarrolló sobre la década de 1850. En la época actual los recubrimientos metálicos han encontrado una extraordinaria difusión en la elaboración de productos con fines decorativos, o en la reproducción de recubrimientos superficiales resistentes al desgaste y a la corrosión. Según Alzate [1], la automatización de una planta piloto de Galvanoplastia, además de competitiva en el aspecto económico representa un manejo seguro a nivel educativo. Según Carbajal, 2014 [2], el Tratado de Libre Comercio el parte aguas que ha perfilado el desempeño y evolución de la industria dedicada a la galvanoplastia, reportando una inversión importante pues México se ha convertido en el octavo productor del mundo para sectores manufactureros que utilizan

procesos de la galvanoplastia. Al respecto conviene decir que la implementación de una planta piloto modelo de electrodepositos, es una oportunidad más de estudio en investigación, generando las herramientas necesarias tanto para docentes como para alumnos. Además, a los alumnos les permite basarse en los conocimientos adquiridos tanto en el aula como en las prácticas realizadas para obtener experiencias que le permitan emplearse en algunas áreas de la industria.

Esta planta piloto permite además el monitoreo y control de todas las variables de entrada y salida del sistema electroquímico para llevar a cabo los procesos de recubrimientos metálicos. Entre dichas variables se pueden mencionar: al potencial o corriente impuesta, agitación de la solución electrolítica para la difusión de iones del ánodo hacia el cátodo y el tiempo. También se puede determinar las características particulares de soluciones electrolíticas, como el monitoreo de las variables termodinámicas de la solución como pH y concentración de la especie a depositar sobre la calidad del depósito.

Con la finalidad de obtener los parámetros o condiciones adecuadas en el proceso de una planta piloto de galvanoplastia para la Universidad Autónoma de Estado de Hidalgo y la realización de docencia e investigación; así como servicios externos a la industria. En este trabajo se planteó como objetivo determinar las condiciones de corriente y potencial, así como evaluar algunos tipos de agitación que permita controlar la calidad de los depósitos en un proceso de latonado, utilizando algunas soluciones electrolíticas de la industria en la planta piloto de galvanoplastia de la UAEH.

2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

2.1 Preparación de la pieza a recubrir

La apariencia y aceptación del recubrimiento electrolítico depende principalmente de una firme adherencia del depósito, lo cual se logra sobre una superficie completamente limpia libre de grasa, residuos o impurezas. En este estudio, para el recubrimiento se dispuso de una lámina de acero inoxidable 304 de 16.5 X15 cm² con 1 mm de espesor. En un primer paso se realizó la limpieza de la pieza con un desengrasante en polvo a base de hidróxido sodio, que consistió en retirar todo tipo de impurezas ajenas como grasas, polvo de metales contaminantes, sales y algunas impurezas que afecten el proceso. Posteriormente se realizó un enjuague abundante con agua de la llave y se continuó con pulido manual utilizando lijas de grano fino (800, 1200 y 200) con movimientos verticales en una sola dirección, bajo chorro de agua para lograr un acabado superficial liso y brillante. Este paso es de gran importancia antes de realizar el proceso de electrodeposito debido a que de ello depende la calidad de la adherencia del recubrimiento, posteriormente se realizó un enjuague con agua de la llave. A continuación, se realiza un enjuague sencillo, que consistió en sumergir la pieza en agua desionizada con movimientos uniformes durante un minuto, se retiró la pieza del agua y se sacudió para retirar el agua uniformemente. Para la preparación final de la pieza se aplicó un decapado utilizando una solución de ácido clorhídrico al 10 % con agua desionizada, se sumergió la lámina durante 10 segundos con movimientos circulares sujetando la pieza con unas pinzas. Posteriormente se retiró la lámina y se realizó un enjuague en agua limpia desionizada durante dos minutos para evitar se contamine la solución electrolítica donde se llevará a cabo el depósito. Se retira la pieza del agua y se dejó secar por 10 segundos para sumergirla en la celda electrolítica e iniciar el proceso de deposición.

2.2 Proceso de electrodeposición

El recubrimiento electrolítico de la pieza se produce por inmersión en el baño de latón y es indispensable operar con una densidad de corriente controlada dentro de cierto límite, debido a que al incrementar la densidad de corriente da lugar al desprendimiento de hidrógeno, que puede afectar la calidad del depósito [3] y [4]. En este estudio se utilizó una celda electrolítica que fue elaborada de un material de Nylamid con medidas 40X40X50 y una capacidad de 72 L. El electrodo que se utilizó

como cátodo consistió de la lámina de acero inoxidable 304 (preparada previamente) que se colocó en medio de los ánodos (placas de latón). Los electrodos de la celda se conectaron mediante una conexión de cobre a una fuente de poder para imponer una corriente dentro de un intervalo cerrado, mismo que se controló por medio de un multímetro con una capacidad de corriente de 10 A. Esto permitió medir la variación de la corriente para controlarla de manera manual directamente en la fuente de poder. La solución electrolítica para el depósito fue suministrada por la empresa Galvanoquímica Mexicana S.A. DE C.V, la cual consiste en un baño básico-cianurado de latón, con un pH de 12, en una concentración de 44g/l Cu (CN)₂ y 9 g/l Zn (CN)₂.

2.3 Agitación de la solución

Otro factor importante que se consideró durante el recubrimiento electrolítico de la pieza fue la agitación de la solución electrolítica. [5], En este trabajo de investigación se utilizaron tres formas diferentes de agitación: una agitación generada mediante un flujo de aire proporcionado por un compresor, una agitación con propela movida por un motor caframo a 350 rpm, con el propósito de mantener las condiciones hidrodinámicas adecuadas de transferencia de masa. Además de la combinación de la segunda con ondas de vibración suministradas durante un minuto (cada cinco minutos) por un equipo sonotrodo. En cada experimento del proceso de deposición se trabajó con agitación continua durante 30 minutos, registrando el valor del potencial y de a una corriente impuesta, así como la calidad del depósito. Una vez concluido el tiempo del depósito se retira la lámina y se realiza un enjuague sencillo durante un minuto para retirar los restos de la solución.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Proceso de electrodeposición

Una vez realizada la limpieza y decapado de la pieza para obtener una superficie preparada para el recubrimiento electrolítico, la lámina de acero inoxidable 304 se coloca en la celda electrolítica y se sumerge en el baño de latón conectando las terminales de la fuente poder a los electrodos (figura 1). Se instalaron 2 multímetros para sensar la corriente (multímetro 1) y el voltaje (multímetro 2), lo cual permite visualizar el comportamiento de ambas variables y controlar en la fuente de poder el flujo de la corriente.



Figura 1. Imagen de la celda electrolítica conectada a la fuente de poder y los multímetros para sensar el potencial y la corriente.

Datos reportados en la literatura [6] y [7], indica que los potenciales normales del Cu y el Zn para su depósito se encuentran entre -0.337 y -0.763 V, una diferencia de casi 1 voltio. Sin embargo, se menciona que los potenciales de la deposición de los metales son mucho más cercanos en las soluciones de cianuro, donde ocurre una codeposición satisfactoria [1]. Durante la serie de experimentos preliminares en dicho intervalo de potenciales, se determinó que era más complicado controlar las corrientes y potencial en el sistema (celda electrolítica) dentro de un rango estable, además de que no se observó depósito alguno. Por lo tanto, se optó por controlar la corriente manteniendo valores de potencial dentro del rango recomendado. A través de una serie de experimentos se determinó que a valores de corriente entre 0.33 A y 0.37 se observa un codeposición de Cu-Zn, mientras que por arriba de este rango (0.37 A) la evolución de hidrógeno comienza sobre el cátodo, interfiriendo con el codeposición. Por el contrario, por debajo de este rango (0.33 A) se observa que solo se lleva a cabo el depósito del Cu. Sin embargo, también se observó que la corriente disminuía de manera importante con el paso del tiempo. Esto indicaba que la cantidad de depósito también era menor con el tiempo, atribuido a una disminución de la concentración de los iones en la interface del electrodo catódico. Debido a esto se decidió experimentar con algunos tipos de agitación que permitieran transportar los iones desde el ánodo hacia el cátodo para reponer su concentración en la interface y así obtener un depósito más homogéneo.

3.2.1 Agitación con flujo de aire

La agitación de la solución produce suministro de iones metálicos al cátodo facilitando el depósito sobre la superficie catódica. Se utilizó una agitación regulando el flujo de aire dentro de la celda electrolítica durante el tiempo la deposición que duró 30 minutos, logrando observar que se generaban demasiadas burbujas de aire sobre el ánodo y cátodo, generando un oscurecimiento de la superficie de los electrodos y obteniendo un depósito deficiente (figura 2a y 2b, respectivamente). Además, se observó que la corriente disminuye drásticamente con el paso del tiempo (ver gráfica de la fig. 5a, curva i), mientras el potencial presenta un comportamiento más catódico debido a la modificación de la superficie durante el depósito (ver gráfica de la fig. 5b, curva i), lo que afectó en la calidad del depósito obteniendo (ver fig. 2b). De acuerdo a esto, se determinó que las moléculas de oxígeno proporcionadas por las burbujas de aire generan oxidación de la superficie de los ánodos que provocan su pasivación. Este hecho evita que la concentración de iones en la superficie del cátodo se reestablezca para seguir llevando a cabo el depósito. Se intentó disminuir la intensidad del flujo de aire, lo que disminuyó la agitación, y esto dio como resultado que la migración de átomos de Zn fuera más lenta, al observarse solo un depósito no homogéneo de Cu.

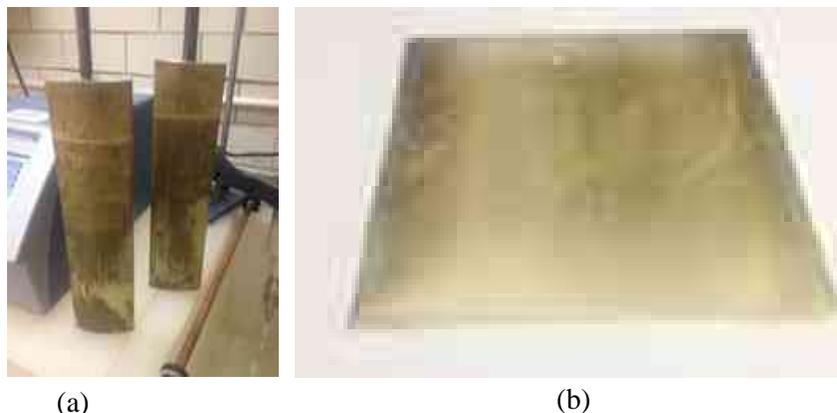


Figura 2. Imágenes de los electrodos: a) ánodos y b) cátodo después de realizar el proceso de deposición electrolítica, aplicando agitación con flujo de aire.

3.2.2 Agitación con propela

Debido a los inconvenientes observados en el primer caso, se procedió a realizar agitación con una propela que giraba a 350 rpm, aplicando un intervalo de corriente de 0.33 A a 0.37 A, durante 30 minutos. Se observó que, aunque el potencial se hace más catódico (ver gráfica de la figura 5b, curva ii), su comportamiento es un poco más estable que para la agitación con flujo aire; mientras que la corriente se mantiene estable hasta el minuto 15 y después aumenta (ver gráfica de la figura 5a, curva ii). Este incremento en la corriente generó un desprendimiento de hidrógeno en la superficie del cátodo, mientras que en el ánodo se generó la evolución de oxígeno ocasionando que las superficies de los ánodos se obscurecieran y pasivaran nuevamente (ver figura 3a), afectando la calidad del depósito (ver figura 3b). Aunque visiblemente el depósito se presenta un poco más homogéneo todavía es deficiente, esto debido a que también comenzó a llevarse a cabo la pasivación de los ánodos y de la evolución de hidrógeno.

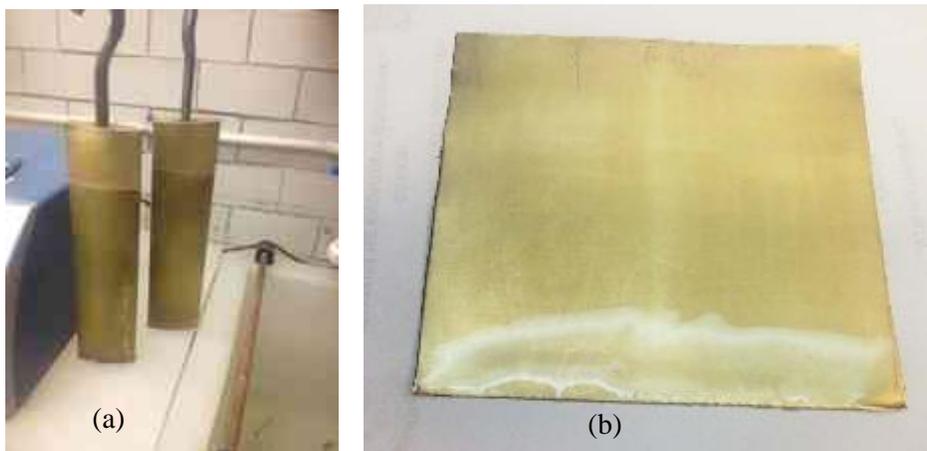


Figura 3. Imágenes de los electrodos: a) ánodos y b) cátodo después de realizar el proceso de depositación electrolítica, aplicando agitación con propela a 350 rpm.

3.2.3 Agitación con propela y ondas de vibración.

Por último, se aplicó ondas de vibración al electrolito durante un minuto en intervalos de 5 minutos, con la finalidad de promover una mejor difusión de los iones Cu^{2+} - Zn^{2+} hacia el cátodo. Cabe mencionar que la agitación de la solución con la propela a 350 rpm también se llevó a cabo durante los 30 minutos que duró el experimento. Los resultados mostraron que, aunque el potencial comienza a hacerse catódico se mantiene estable que las anteriores (ver gráfica de la figura 5b, curva iii), además la corriente presentó un comportamiento más constante durante todo el tiempo que duró el experimento (ver gráfica de la figura 5a, curva iii), con respecto a los otros tipos de agitación aplicadas. Por otra parte, los resultados mostraron que en este caso los ánodos no presentan oxidación al no observarse un obscurecimiento de la superficie (ver figura 4a), lo cual mejoró visiblemente la calidad del depósito (ver figura 4b).

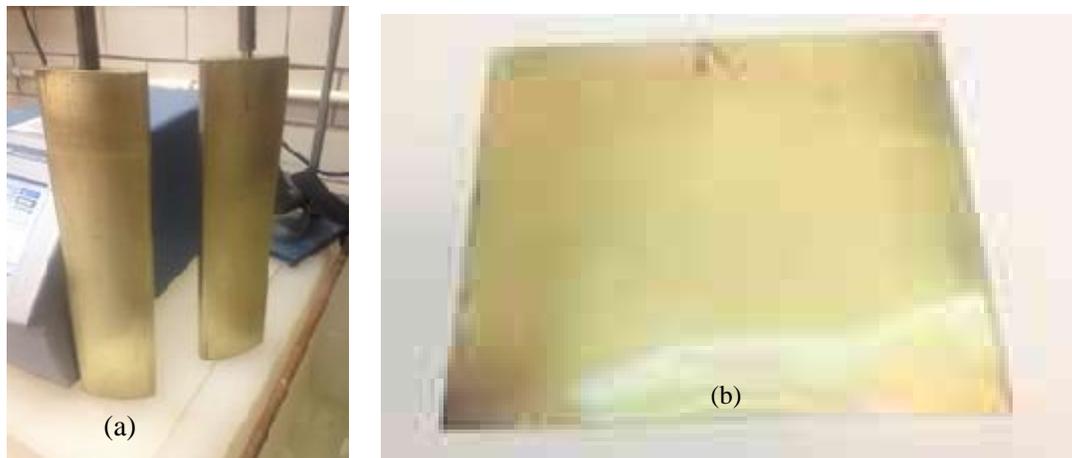


Figura 4. Imágenes de los electrodos: a) ánodos y b) cátodo después de realizar el proceso de deposición electrolítica, aplicando agitación con propela a 350 rpm y ondas vibración.

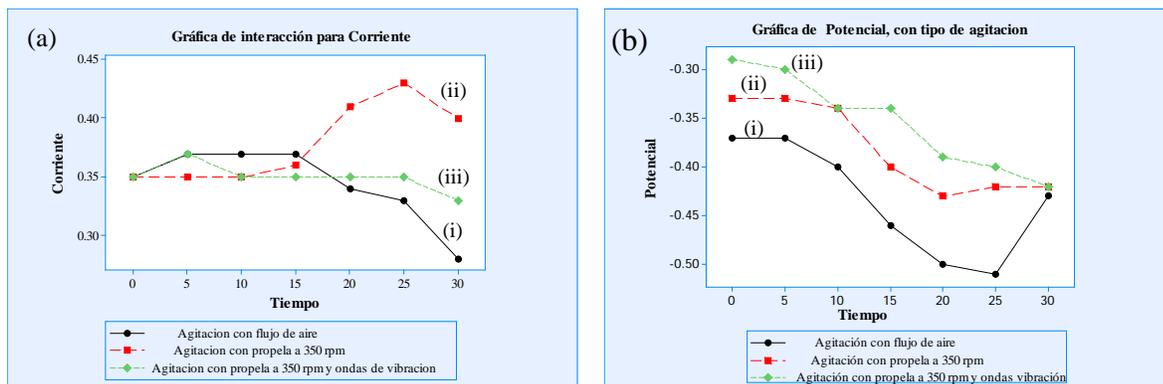


Figura 5. Gráficas de la variación de: a) potencial y b) corriente, durante el tiempo de la deposición electrolítica, aplicando los diferentes tipos de agitación.

4. CONCLUSIONES

Se determinó que la corriente debe ser controlada dentro en un valor cercano a 0.35 A, para evitar que se produzca evolución de hidrógeno y oxígeno, además de evitar que se lleve a cabo solo el depósito de Cu. La generación de burbujas en la agitación con flujo de aire, así como la evolución de oxígeno provoca un obscurecimiento y pasivación del ánodo por la probable formación de óxidos, lo que afecta a la calidad del depósito. Por último, se pudo determinar que utilizando una agitación controlada con propela y ondas de vibración se tiene una mejor calidad en los depósitos obtenido.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento al AACTyM-UAEH por brindar su apoyo y la disponibilidad de los equipos e instalaciones para realizar, los experimentos. Personalmente agradezco al CONACyT por la beca otorgada para realizar sus estudios de Maestría en Manufactura Avanzada, en el Centro de Tecnología dedicado a la investigación, diseño e innovación tecnológica CIATEQ.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Alzate A: Guía de producción más limpia para el sector de recubrimientos electrolíticos, 2nd ed., EMPA, Guatemala, 2009, pp. 1-28.
- [2] Y. Carbajal and., E. Del Moral: Paradigma económico, 2014, Caracterización y mejoramiento del Proceso de electrodeposición de metales, vol. 6(2), pp. 95-126.
- [3] Y.J. Calderon, y S.M. Ramirez: empresa Fantaxia Santander, Colombia, Caracterización y mejoramiento del Proceso de electrodeposición de metales, 2005.
- [4] C.C Medellín: Cámara de Comercio, 2005, Industria de Galvanoplastia, Vol. 32, pp. 53-139.
- [5] W. Vera y O. Fernández: Scientia et Technica, 2006, Desarrollo e implementación de un equipo de galvanoplastia, Vol. 31, pp. 0122-1701.
- [6] R. Hashim, W. Wan-Nadhari, O. Sulaiman, and F. Kawamura: Materials and Design, 2011, Characterization of raw materials and manufactured binderless particleboard from oil palm biomass, vol. 32(1), pp. 246-254.
- [7] G.O. Mallory: Journal of Electrochemical, 1994, Composites Electroless Plating, vol. 45, pp. 136-139.