

## Recubrimientos Ni-P negros de doble capa con capacidad absorbente solar

SOSA-DOMÍNGUEZ, Adrián\*† y PÉREZ-BUENO, José de Jesús.

*Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, S.C.; Parque Tecnológico Querétaro-Sanfandila, Pedro Escobedo, Qro. México. C.P. 76703*

Recibido Julio 5, 2016; Aceptado Septiembre 2, 2016

### Resumen

Los problemas ambientales y la crisis de energía en el mundo ha sido motivo para desarrollar sistemas de utilización de energía sostenible. La energía solar es muy atractiva porque es limpia, renovable y protege al ambiente. El objetivo de este trabajo fue la obtención de un recubrimiento de Ni-P con alta capacidad absorbente solar vía electroless con un baño ácido de sulfato de níquel como fuente de los iones metálicos a depositar e hipofosfito de sodio como agente reductor. Se obtuvieron espectros de reflectancia en tres regiones diferentes del espectro electromagnético de 400 a 16000 nm, los espectros mostraron un material con un valor de reflectancia cercano a cero por ciento y valores de absorbancia por arriba del 90%. Basándonos en los resultados anteriores se logró obtener un material capaz de absorber la energía proveniente del sol y que pudiera ser aprovechada posteriormente como una forma de generación de energía limpia.

### Abstract

Environmental problems and energy crisis in the world have been reason to develop systems of sustainable energy use. Solar energy is very attractive because it is clean, renewable and protects the environment. The aim of this work was to obtain a Ni-P coating with high absorbent capacity solar-electroless with an acid bath nickel sulfate as a source of metal ions to deposit and sodium hypophosphite as reducing agent. Reflectance spectra were obtained in three different regions of the electromagnetic spectrum 400-16000 nm, the spectra showed a material having a value close to zero percent reflectance and absorbance values above 90%. It based on the above results was possible to obtain a material capable of absorbing energy from the sun and could be exploited later as a form of clean energy generation.

**Coatings, Black Ni-P, solar absorption**

### Recubrimientos, Ni-P negro, absorción solar

**Citación:** SOSA-DOMÍNGUEZ, Adrián y PÉREZ-BUENO, José de Jesús. Recubrimientos Ni-P negros de doble capa con capacidad absorbente solar. Revista de Tecnología e Innovación 2016, 3-8: 50-55

\*Correspondencia al Autor (Correo electrónico: asosa@cideteq.mx)

†Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

Los recubrimientos negros han tomado mucha importancia y han llamado la atención debido a sus aplicaciones en instrumentos ópticos, materiales absorbentes, recubrimientos negros decorativos, así como en la industria aeroespacial y de la defensa [1,10].

Se han propuesto la realización de recubrimientos negros sobre aleaciones de titanio con excelentes propiedades absorbentes solares [2]. En este trabajo se utilizará un acero al carbono AISI 1018 como sustrato.

Las aleaciones de níquel han sido aplicadas con gran éxito en numerosas industrias dentro del área química, mecánica y eléctrica, lo anterior debido a sus propiedades físicas y mecánicas [3].

Las aleaciones Ni-P han tenido buena aceptación en el campo de los recubrimientos debido a sus excelentes propiedades de dureza, características magnéticas, propiedades de resistencia a la corrosión y al desgaste [4-6]. El fósforo puede depositarse con níquel resultando en la formación de una aleación de Ni-P. El contenido de fósforo puede alcanzar entre 1 % y 15% en peso, en base a lo anterior se puede clasificar como una aleación de bajo fósforo (1-4%), medio fósforo (5-9%) y alto fósforo (más de 10%) [7].

Los recubrimientos absorbentes con propiedades ópticas selectivas pueden ser aplicados en sustratos colectores por varias técnicas incluyendo deposición al vacío, métodos de asperción, sol-gel, electrodeposición [8]. En este trabajo se utilizará la técnica electroless para realizar el depósito de Ni-P sobre un sustrato de acero AISI 1018.

Los recubrimientos níquel electroless se llevan a cabo mediante un proceso autocatalítico que produce un depósito de níquel sobre un sustrato catalíticamente activo usando una reacción química controlada. La habilidad del hipofosfito para reducir los iones metálicos de la solución es el principio utilizado en los recubrimientos electroless. Debido a la presencia de fósforo en los depósitos de níquel electroless son fáciles de ser atacados por ácidos con fuerte poder oxidante obteniéndose una superficie negra con propiedades absorbentes [11].

Una superficie absorbente selectiva esta caracterizada por tener un alto valor de absorbancia y baja emitancia solar [12]. Estas características incrementan la efectividad absorbente e incrementa la transferencia de calor entre la superficie absorbente y el medio de transferencia [9].

El objetivo de este trabajo fue realizar el depósito de una aleación de Ni-P sobre un sustrato de acero al carbono AISI 1018, posteriormente atacar esa superficie con un agente oxidante fuerte para preparar una superficie negra y repetir el procedimiento para hacer un recubrimiento Ni-P negro de doble capa. Se comprobó que los recubrimientos Ni-P de doble capa fabricados tienen altos valores de absorbancia por lo que su aplicación dentro del área de aprovechamiento de la energía solar puede ser importante.

## Metodología

### Preparación de recubrimientos Ni-P negros de doble capa

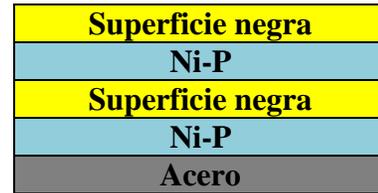
Se cortaron placas de acero al carbono AISI 1018 de 2.5 cm por 7.5 cm, posteriormente se realizó una preparación de las mismas pasándolas por papel lija de tamaño de grano 1200.

Se preparó un baño ácido de Ni-P para realizar el depósito de Ni-P sobre el acero 1018, lo anterior bajo las condiciones mostradas en la Tabla 1.

<b>pH</b>	4.5-5
<b>Temperatura (°C)</b>	88-90
<b>Fuente metálica</b>	Sulfato y cloruro de níquel
<b>Agente reductor</b>	Hipofosfito de sodio
<b>Agentes complejantes</b>	Citrato de sodio
<b>Estabilizadores</b>	Tiourea y acetato de sodio
<b>Ajustadores de pH</b>	Hidróxido de sodio y ácido sulfúrico

**Tabla 1** Condiciones del baño del depósito de Ni-P.

Después de preparado el baño ácido Ni-P se introdujo por inmersión la placa de acero al carbono por espacio de 180 minutos. Después de transcurridos los 180 minutos se realizó un ataque con ácido nítrico 9 M por 4 segundos. Lo anterior se llevo a cabo en dos ocasiones para así poder depositar dos capas de Ni-P y también obtener en dos ataques ácidos dos superficies negras. A continuación en la Figura 1 se muestra un esquema de los depósitos formados.



**Figura 1** Esquema de las diferentes capas formadas.

### Espectroscopia de Reflectancia

Se obtuvo el porcentaje de reflectancia de los recubrimientos obtenidos en un rango de 400 nm a 15000 nm utilizando una lámpara USB2000 marca Ocean Optics.

### Resultados

En la Figura 2 se muestra una fotografía de la superficie negra obtenida por medio del procedimiento experimental explicado anteriormente.



**Figura 2** Fotografía de la superficie negra.

En la Figura 2 se muestra una de las placas de acero al carbono AISI 1018 la cual se recubrió con Ni-P y después se atacó con ácido nítrico 9 M por 4 segundos. Lo anterior se realizó dos veces en la misma placa para obtener los recubrimientos de Ni-P negro de doble capa.

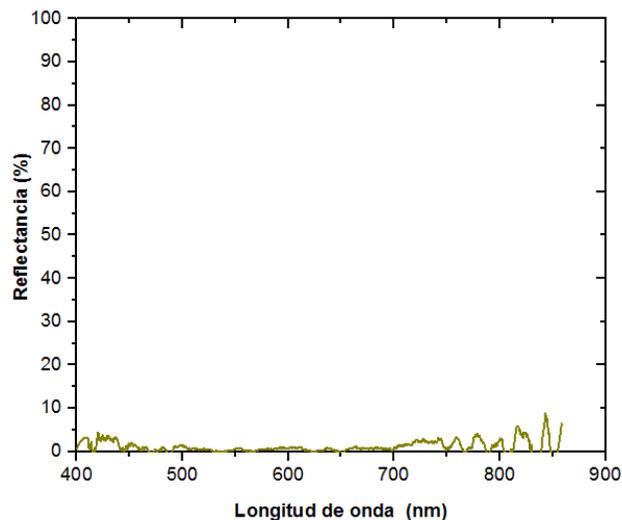
Se puede observar la característica principal de la superficie fabricada que es negra, este ennegrecimiento esta relacionado con una capacidad importante para absorber la energía del sol.

Una característica también importante es que el recubrimiento Ni-P negro se encuentra distribuido uniformemente sobre todo el sustrato y no hay indicios de desprendimiento del mismo lo cual nos asegura que la placa puede estar expuesta a los rayos del sol con el fin de captar la energía proporcionada por él.

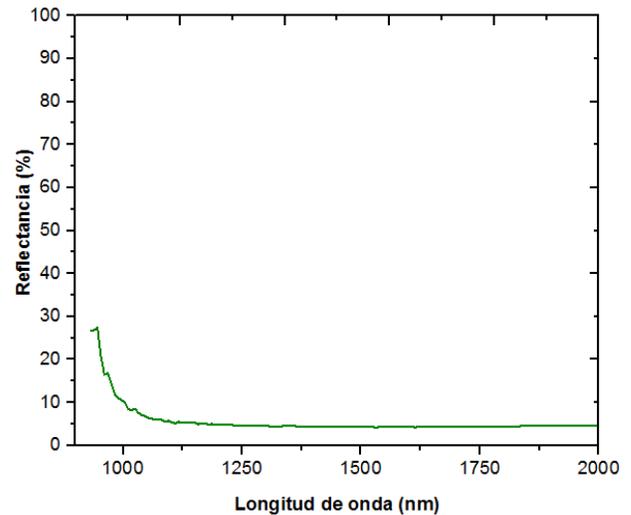
En el Gráfico 1 se muestra el espectro de reflectancia para un recubrimiento de Ni-P de dos capas.

La reflectancia es la capacidad que tiene un cuerpo de reflejar la luz. Un recubrimiento selectivo solar ideal (absorbente solar) debe tener un alto coeficiente de absorción y baja emitancia.

Las superficies negras como las fabricadas en este trabajo, son usadas como recubrimientos por su baja reflectancia en instrumentos ópticos y sensores que realizan mediciones en la región espectral ultravioleta, infrarrojo y visible.

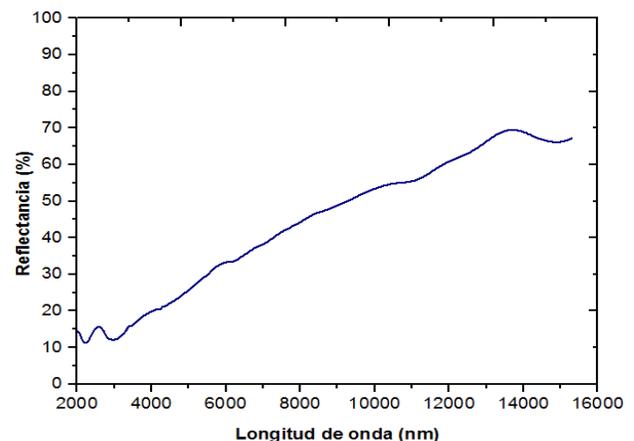


**Gráfico 1** Espectro de Reflectancia de un recubrimiento Ni-P negro de doble capa en la región del espectro electromagnético visible-infrarrojo cercano.



**Gráfico 2** Espectro de Reflectancia de un recubrimiento Ni-P negro de doble capa en la región del espectro electromagnético infrarrojo cercano-infrarrojo medio.

En el Gráfico 1 se puede observar el espectro de reflectancia de un recubrimiento Ni-P negro de doble capa en la región del visible del espectro electromagnético en donde se pueden apreciar valores de porcentaje de reflectancia muy bajos lo cual trae consigo valores de absorbancia en esa región aproximadamente del 96%, lo cual indica que esta superficie es capaz de absorber en gran medida la radiación proveniente del sol en esa región del espectro.



**Gráfico 3** Espectro de Reflectancia de un recubrimiento Ni-P negro de doble capa en la región del espectro electromagnético infrarrojo medio-infrarrojo lejano.

En el Gráfico 2 se puede observar el espectro de reflectancia para un recubrimiento Ni-P negro de una capa en la región del infrarrojo cercano que llega hasta un valor de 2000 nm de longitud de onda, también en este espectro se puede identificar una superficie con una gran capacidad de absorción solar del orden del 95%.

Finalmente en el Gráfico 3 se obtuvo el espectro de reflectancia para el mismo recubrimiento pero ahora utilizando una longitud de 2000 nm a 15000 nm correspondiente a la región de infrarrojo medio del espectro electromagnético, en este espectro es posible observar que el porcentaje de reflectancia se va incrementando conforme se incrementa la longitud de onda, es decir conforme se va acercando a la región del infrarrojo lejano.

Al haber un aumento en el porcentaje de reflectancia la absorbancia del material tiende a su disminución. Lo anterior pone de manifiesto la región del espectro en la cual el material exhibe excelente propiedad absorbente y baja emisión.

### Agradecimiento

El primer autor externa su gratitud al CONACYT por la beca otorgada para el desarrollo de esta investigación y al Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro (CONCYTEQ) por su apoyo para su difusión.

### Conclusiones

El recubrimiento Ni-P negro de doble capa preparado mostró una excelente capacidad de absorción de radiación solar con un 96% de eficiencia cubriendo longitudes de onda desde 300 nm hasta 2,000 nm.

Es posible observar en el espectro de reflectancia que a partir de 2,000 nm hay un incremento del porcentaje de reflectancia por lo cual el porcentaje de absorción disminuye considerablemente, lo anterior podría evitarse colocando una capa de un recubrimiento selectivo que disminuya la emisión y por lo tanto el porcentaje de absorbancia se mantenga alrededor del 90%.

Se logró realizar un depósito de Ni-P negro de doble capa sobre acero al carbono AISI 1018 con una capacidad de absorción importante, lo anterior nos podría permitir desde el punto de vista tecnológico colocar placas de estos materiales que ayuden a la captación de energía solar para su posterior aprovechamiento como energía térmica.

### Referencias

- [1] Xing, F., Zhao, B., & Shi, W. (2013). Study on tunable fabrication of the ultra-black Ni-P film and its blacking mechanism. *Electrochimica Acta*, 100, 157–163.
- [2] Uma Rani, R., Sharma, a. K., Minu, C., Poornima, G., & Tejaswi, S. (2010). Studies on black electroless nickel coatings on titanium alloys for spacecraft thermal control applications. *Journal of Applied Electrochemistry*, 40(2), 333–339.
- [3] Liu, Y., Beckett, D., & Hawthorne, D. (2011). Effect of heat treatment, top coatings and conversion coatings on the corrosion properties of black electroless Ni-P films. *Applied Surface Science*, 257(9), 4486–4494.
- [4] Mu, S., Li, N., Li, D., & Zou, Z. (2009). Investigation of a transparent chromate (III) passive film on electroless Ni-P coating by XPS and electrochemical methods. *Electrochimica Acta*, 54(26), 6718–6724.

- [5] Madram, A. R., Pourfarzad, H., & Zare, H. R. (2012). Study of the corrosion behavior of electrodeposited Ni-P and Ni-P-C nanocomposite coatings in 1 M NaOH. *Electrochimica Acta*, 85, 263–267.
- [6] Abdel Hameed, R. M., & Fekry, a. M. (2010). Electrochemical impedance studies of modified Ni-P and Ni-Cu-P deposits in alkaline medium. *Electrochimica Acta*, 55(20), 5922–5929.
- [7] Cui, G., Li, N., Li, D., Zheng, J., & Wu, Q. (2006). The physical and electrochemical properties of electroless deposited nickel-phosphorus black coatings. *Surface and Coatings Technology*, 200(24), 6808–6814.
- [8] Lizama-Tzec, F. I., Macías, J. D., Estrella-Gutiérrez, M. a., Cahue-López, a. C., Arés, O., de Coss, R., ... Oskam, G. (2014). Electrodeposition and characterization of nanostructured black nickel selective absorber coatings for solar-thermal energy conversion. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 26(8), 5553–5561.
- [9] John, S. (1997). Electrodeposition of nickel black solar absorber coatings. *Metal Finishing*, 95(6), 84–86.
- [10] He, F., Su, H., Ju, H., Tan, L., & Zhou, Q. (2012). A new blackening process for NiWP alloy deposits. *Surface and Coatings Technology*, 213, 133–138.
- [11] Saxena, V., Rani, R. U., & Sharma, a. K. (2006). Studies on ultra high solar absorber black electroless nickel coatings on aluminum alloys for space application. *Surface and Coatings Technology*, 201(3-4), 855–862.
- [12] Shashikala, a. R., Sharma, a. K., & Bhandari, D. R. (2007). Solar selective black nickel-cobalt coatings on aluminum alloys. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 91(7), 629–635.