



7mo encuentro de jóvenes investigadores en ciencia y tecnología de los materiales

5 y 6 de septiembre de 2019
Rosario, Santa Fe, Argentina

ESTUDIO DE ACEROS DE BAJA ALEACIÓN RECUBIERTOS CON NANOTUBOS DE CARBONO MEDIANTE DEPOSICIÓN ELECTROFORÉTICA

B. Alderete*^(1,2), **S. P. Brühl**⁽¹⁾ y **S. Suárez**⁽²⁾

(1) Grupo de Ingeniería de Superficies, Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Concepción del Uruguay, Ing. Pereyra 676, E3264BTD, Concepción del Uruguay, Entre Ríos, Argentina.

(2) Funktionswerkstoffe, Universität des Saarlandes, Campus D3.3, 66123, Saarbrücken, Saarland, Alemania.
* Correo Electrónico: bruno.alderete06@gmail.com

Tópicos: T5. Procesamiento y caracterización de materiales; **Categoría:** C2. Fin de Carrera de Grado.

Un componente clave para el proceso de extracción de petróleo, son las varillas de bombeo. Frecuentemente, estas piezas se corroen durante el transporte desde el sitio de producción hasta el pozo de extracción. Para evitar la corrosión de las varillas, se estudia un recubrimiento de nanotubos de carbono. Este estudio consiste en los distintos métodos de deposición del recubrimiento, seguido de la caracterización de los recubrimientos obtenidos. Esto se realizó mediante SEM/FIB, difracción de electrones por retrodispersión, espectroscopia Raman, microdureza, y ensayos de mojabilidad mediante el método de gota sésil.

Para llevar a cabo la extracción de petróleo, diferentes piezas y componentes son utilizadas. Más específicamente, las varillas de bombeo son las piezas que vinculan el grupo motriz ubicado en la superficie, con la bomba de extracción ubicada en lo más profundo del pozo. Dada la naturaleza de estas varillas, realizar tareas de mantenimiento no programadas, o incluso la sustitución de las mismas, es un proceso dificultoso, costoso y que consume una cantidad significativa de tiempo. Como sucede para la gran mayoría de los componentes utilizados en los pozos de extracción, estos no son producidos en la cercanía del sitio de extracción. Por lo que durante su transporte, estas piezas son sometidas a entornos agresivos y altamente corrosivos, que ponen en riesgo las propiedades que son requeridas de ellas.

Si las varillas de bombeo fallan, el proceso de extracción se detiene por completo, generando así grandes pérdidas económicas más allá de los costos de reparación o sustitución. Adicionalmente, las varillas conllevan un grado de responsabilidad importante en lo que respecta a la seguridad del personal a cargo del pozo de extracción. Por ello, el montaje de una varilla defectuosa como consecuencia de la corrosión durante su transporte, no solo pone en riesgo la seguridad de los trabajadores, sino también la integridad de los complejos equipos que se utilizan en el proceso de extracción.

Para proteger las varillas de la corrosión, se decidió aplicar un recubrimiento de nanotubos de carbono sobre la superficie de las mismas mediante un método denominado deposición electroforética. De esta forma, se buscó aislar la superficie de la varilla generando una barrera entre la misma y los agentes corrosivos que se encuentran en el ambiente.

El método de deposición fue seleccionado por diversas razones. Deposición electroforética es una técnica sencilla que requiere de equipamiento simple. Aplicando esta técnica, se obtiene una deposición de nanotubos más uniforme comparado con las demás técnicas utilizadas para depositar estas nanopartículas. A su vez, el espesor de la película depositada es fácilmente controlable. Adicionalmente, esta técnica presenta la ventaja fundamental de que es fácilmente escalable a un nivel industrial, ventaja que otras técnicas de superficie no poseen.

La deposición electroforética [1-2] es una técnica utilizada para obtener recubrimientos a partir de una dispersión coloidal. El coloide consiste del material a depositar, un solvente adecuado, y de un agente dispersante. Dependiendo del aditivo (agente dispersante) que se utiliza, las propiedades del recubrimiento obtenido varían. En el presente estudio, se analizan las propiedades obtenidas utilizando dos aditivos diferentes: nitrato de magnesio hexahidratado y trietilamina. Ambos aditivos presentan sus respectivas ventajas y desventajas. Para el caso del nitrato de magnesio, este aditivo produce una superficie del recubrimiento hidrófila; sin embargo presenta buena adhesión con el sustrato. En el caso de la trietilamina, la superficie del recubrimiento es hidrófoba, pero su adhesión con el sustrato es pobre. En lo que respecta a la corrosión, una superficie hidrófoba es deseada, de

forma que el recubrimiento actúe como una barrera protectora de agentes corrosivos líquidos. Adicionalmente, se busca que el recubrimiento aplicado se adhiera al sustrato y que se mantenga adherido durante la totalidad del trayecto entre el sitio de producción y el pozo de extracción. El objetivo principal es optimizar los diferentes parámetros de deposición, manteniendo los parámetros que resulten en una superficie hidrófoba pero que a su vez presente buena adhesión con el sustrato.

Una vez que se obtuvieron los diferentes recubrimientos, se procedió a la caracterización de las muestras. La caracterización se dividió en dos partes: la caracterización del sustrato y la de los recubrimientos. Al sustrato se le estudió su topografía superficial, la fase del material y la dureza superficial. En cuanto al recubrimiento, se realizó un estudio estructural a los nanotubos de carbono (mediante espectroscopia Raman) y se analizaron los espesores de los recubrimientos obtenidos, junto con un análisis químico. Adicionalmente, mediante el método de gota sésil, se estudió cómo reaccionan las superficies de los recubrimientos con el agua, siendo este análisis fundamental para determinar si los recubrimientos son capaces de proteger efectivamente la superficie de las varillas de bombeo.

Los resultados obtenidos a partir de la caracterización del sustrato se resumen en la **Tabla 1**.

Técnica	Parámetro	Resultado	Desviación estándar
Microdureza	Dureza /HV _{0,2}	295	14
Microscopio laser confocal	Rugosidad / μm	15,9	1,7
EBSD	Fase predominante	Ferrítica	-
	Tamaño de grano promedio / μm	9,4	5,8

Tabla 1: Resumen de resultados obtenidos de la caracterización del sustrato.

En cuanto a la caracterización de los recubrimientos producidos, los valores de ángulo de contacto medidos se resumen en la **Tabla 2**.

Muestra	Ángulo de contacto /°	Desviación estándar /°
Referencia (sustrato)	74,2	4,4
Muestra de nitrato de magnesio	34,6	6,0
Muestra de nitrato de magnesio con post procesado	144,9	1,3
Muestra de trietilamina	139,5	4,0
Muestra de trietilamina con post procesado	136,9	1,6
Muestra dúplex	140,5	4,0

Tabla 2: Resumen de resultados de mojabilidad para las distintas muestras caracterizadas.

En el estudio llevado a cabo, se logró depositar nanotubos de carbono aplicando deposición electroforética sobre muestras extraídas de varillas de bombeo, demostrándose así que la técnica seleccionada es viable para tal tarea. En cuanto a los valores de mojabilidad, se halló que los recubrimientos obtenidos utilizando nitrato de magnesio requieren de un post procesado para que su superficie presente características hidrófobas. Para el caso de los recubrimientos obtenidos utilizando trietilamina, el post procesado no es requerido para obtener características hidrófobas, pero se observó que luego de llevarlo a cabo, sus características de adhesión mejoran significativamente. Por último, el sistema dúplex, que busca superar las deficiencias individuales de cada aditivo, se mostró efectivo considerando los resultados de los ensayos de mojabilidad.

Agradecimientos: Los autores agradecen al Grupo de Ingeniería de Superficies de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concepción del Uruguay y al Departamento de Materiales Funcionales de la Universidad de Saarland por la posibilidad de llevar a cabo todos los estudios del presente trabajo. Adicionalmente, se le agradece a todas las personas que colaboraron para poder hacer posible este trabajo.

Referencias

- [1] A. Boccaccini, J. Cho, J. Roether, B. Thomas, E. Minay, M. Shaffer, Electrophoretic deposition of carbon nanotubes, Carbon vol. 44 no. 15, 2006, 3149-3160.
 [2] J. Dickerson, A. Boccaccini, Electrophoretic deposition of nanomaterials, 2011, Springer.