

Prototipo de laminadora de películas de óxido de grafeno (GO)

Carmen Betsabe Rodríguez Cisneros

Instituto Tecnológico de Celaya
betsa.cisne@gmail.com

Miriam Lucero Quemada Villagómez

Instituto Tecnológico de Celaya
mairim_yata_01@hotmail.com

Gilberto Ruiz Mondragón

Instituto Tecnológico de Celaya

Sofía Magdalena Vega Díaz

Instituto Tecnológico de Celaya

Luis Alejandro Alcaraz Caracheo

Instituto Tecnológico de Celaya
alejandro.alcaraz@itcelaya.edu.mx

Resumen

El óxido de grafeno también llamado ácido grafítico es un compuesto de carbono, oxígeno e hidrógeno que se obtiene tras el tratamiento del grafeno con un oxidante fuerte. Actualmente este material es una de las mayores tendencias en los avances tecnológicos debido a su gran campo de aplicación gracias a sus propiedades como lo son su gran resistencia y su alta conductividad eléctrica. La aplicación en la industria, hasta este momento, se ha visto algo limitada, principalmente porque la obtención y el manejo de esta sustancia puede ser complicada. En este proyecto se lleva a cabo el modelado y construcción de un prototipo de una laminadora de películas de óxido de grafeno con el que se pretende solucionar los problemas para la elaboración de láminas de dicho

material, y por consiguiente, mejorar su calidad y cantidad en producción, para el desarrollo de este proyecto se ha establecido una colaboración entre los departamentos de Ingeniería Química, Mecánica y Mecatrónica del Instituto Tecnológico de Celaya.

Palabra(s) Clave(s): Óxido de grafeno (GO), Películas, Prototipo.

1. Introducción

Los métodos para obtener el grafeno no son escalables, la producción de este material se basa en métodos lentos e inseguros no adecuados para su producción en masa [1, 2]. Estos métodos a pesar de ser simples no son confiables, ya que requieren mucho tiempo en su fabricación y el material es sometido a diferentes fases de producción que no garantizan la cantidad de producto final por lo que los costos de fabricación son muy elevados, siendo esto una desventaja importante a considerar. En la siguiente ilustración (ver Fig. 1) se puede observar el coste de producción frente a la cantidad de láminas de grafeno que se producen.

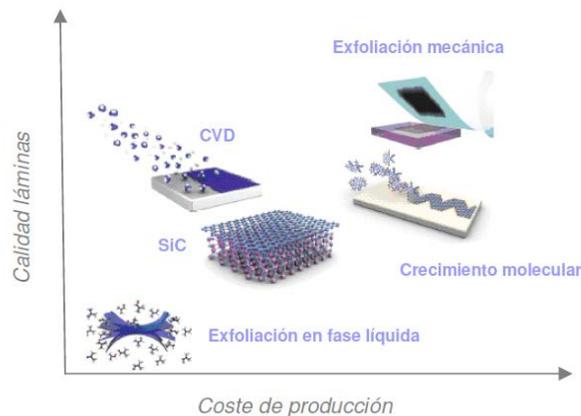


Fig. 1. Precio de producción frente a la calidad de las láminas [1].

Uno de los métodos de producción es el Scotch Tape o Exfoliación Mecánica (ver Fig. 2) en él se usan cintas adhesivas sobre una superficie de grafeno y posteriormente se pega

y despega la cinta, que permite que el grafeno sea observado fácilmente bajo un microscopio óptico, este método permite obtener grafeno de alta calidad estructural y gran tamaño (200 μm), pero tiene como inconveniente un rendimiento bajo.



Fig. 2. Método Scotch Tape.

Otro método de exfoliación utilizado es el que contiene una fase líquida, esta es una alternativa a la exfoliación mecánica que se basa en aumentar la distancia interlamilar entre las capas de grafeno, disminuir la interacción entre ellas y poder separarlas fácilmente. Otra alternativa es oxidar previamente el grafeno para obtener el Óxido de grafeno (GO) [1]. Este proceso consiste en someter al grafeno a un proceso de lavado en el cual se busca limpiar por completo con agentes químicos para obtener un óxido denominado Óxido de Grafeno. Este GO (ver figura 3) cuando está listo, se encuentra en una consistencia acuosa parecida a la miel de abeja. Una vez así, sobre una placa de teflón se colocan tres líneas de cinta de aislar que sirven como fronteras y grosor de la película. El GO que ya se encuentra dentro de un vaso de precipitado, se verterá dosificado en la placa de teflón, en la parte superior al iniciar la cinta y con una espátula se esparce uniformemente la mezcla. Se deja secar el material a temperatura ambiente alrededor de 24 horas, o en la mufla pero a no más de 40°C. Al término del tiempo de secado, se obtiene una película que es ligeramente menor en dimensiones que antes del

secado, esta película tiene la peculiaridad de quedarse pegada a la placa de teflón donde se realizó el proceso.

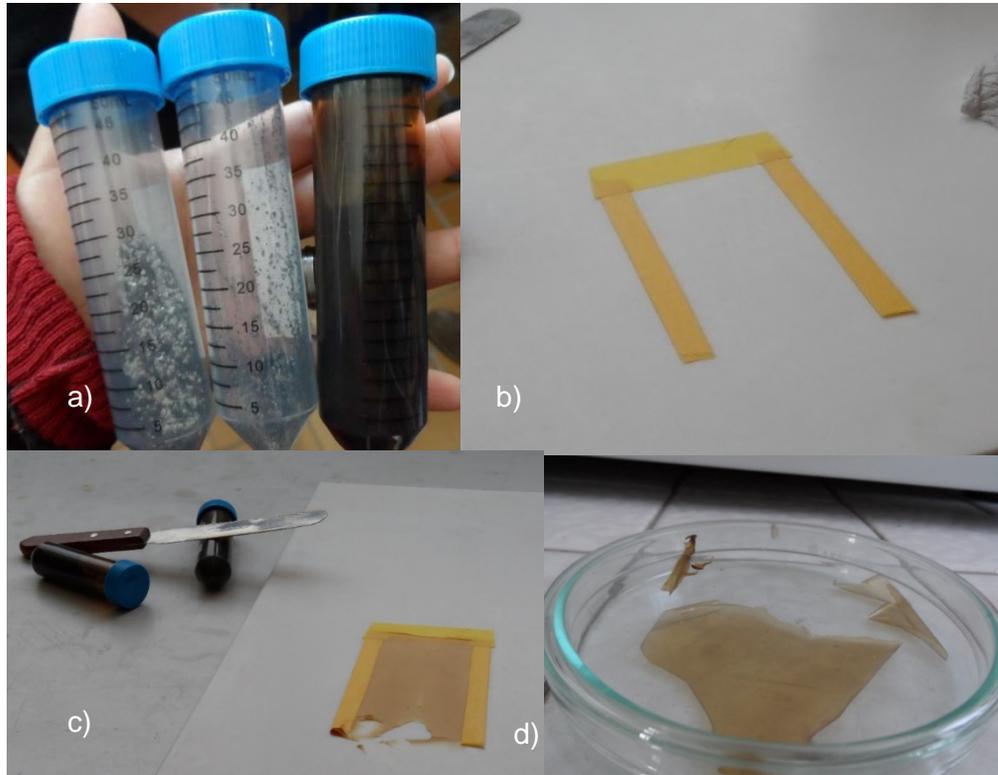


Fig. 3. a) Muestras de las etapas del grafeno desde laminado hasta fluido (GO). b) Placa de teflón, delimitado con la cinta para el tamaño y espesor de la película. c) Fluido esparcido con espátula de acero inoxidable. d) Muestra de película de GO, terminada.

Estos dos métodos (ver Fig. 4) forman parte del grupo de los denominados métodos *top-down*, que producen estructuras muy pequeñas desde materiales de dimensiones mayores. Por otro lado se encuentran los métodos *bottom-up* en los que se parte de pequeñas moléculas, generalmente en estado gaseoso, para formar láminas de grafeno [1].

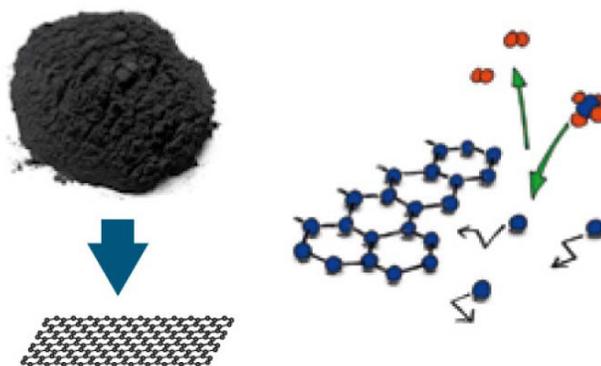


Fig. 4. Métodos top-down (izquierda) y bottom-up (derecha).

Entre los métodos de *bottom-up* se encuentra el depósito químico en fase vapor (CVD) la cual se basa en la descomposición a altas temperaturas de hidrocarburos sobre un sustrato metálico, de tal forma que los átomos resultantes de la descomposición se reorganizan formando una o varias láminas de grafeno [1].

Tomando el procedimiento que se utiliza para la obtención de películas de grafeno por el método de oxidación [4], se propuso desarrollar un prototipo de una máquina que realice películas de GO en forma semiautomática, esto con la finalidad de eficientar el proceso general de la obtención de películas de grafeno, ya que con este prototipo se busca homogenizar tanto las dimensiones como el grosor de las mismas, y así poder investigar de manera adecuada las propiedades mecánicas de la película de óxido de grafeno.

2. Desarrollo

Diseño conceptual

La metodología de diseño utilizada para la elaboración del diseño del prototipo, fue el método secuencial para la solución del problema planteado. En la Fig. 5 se muestran los pasos que se siguieron al aplicar la metodología.

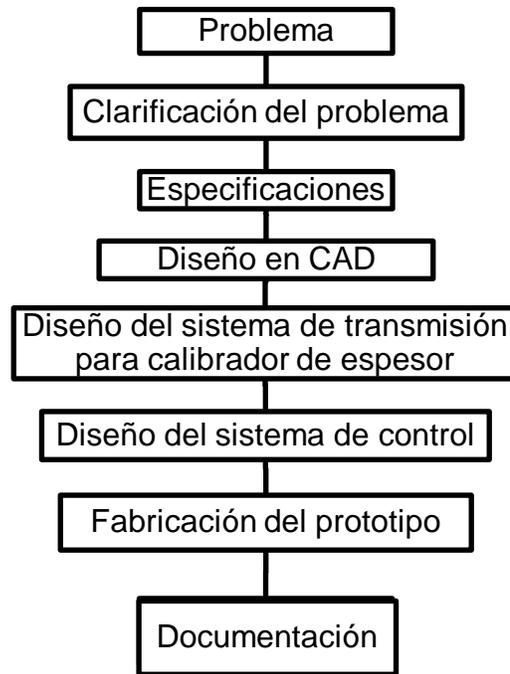


Fig. 5. Metodología del prototipo.

Para el desarrollo del prototipo se tuvieron que tomar en cuenta varios factores de prioridad, así como del funcionamiento para la fabricación del mecanismo, dicho esto, se realizó una lista de las especificaciones que requiere llevar el mecanismo dividiéndolas en dos categorías, forzosas y deseadas.

Especificaciones

Forzosas

- Tamaño de la película mínimo de 200x200 mm.
- Espesor comprendido entre 0.014 y 0.025 mm uniforme.
- Superficie antiderrapante.
- Película seca al retirar de la placa.

- Temperatura de secado no mayor a 40°C.
- Distribución de temperatura uniforme.

Deseadas

- Operación semiautomática/automática.
- Voltaje de operación 127 VAC.
- Rodillo con material adhesivo para limpiar el polvo, pelusas y otras impurezas.
- Cubierta para proteger de contaminantes la película.

Tomando en cuenta las especificaciones antes mencionadas, se procedió a realizar una recopilación y sintetizar información sobre las propiedades del grafeno (caracterización del grafeno ya existente en la literatura) [1], con esto se pretende delimitar el tipo de materiales que son factibles para la realización del prototipo.

Propiedades del grafeno

- Resistencia (200 veces mayor que la del acero).
- Ligero, como la fibra de carbono, pero más flexible.
- Su elasticidad es de un 10%.
- Plasticidad muy baja (casi inexistente).
- Dureza 10 en la Escala de Mohs.
- Torsión de un 10%, manteniéndose igual de duro.
- Alta conductividad térmica y eléctrica.
- Soporta radiación ionizante.
- Menor efecto Joule, se calienta menos al conducir los electrones.
- Consume menos electricidad que el silicio.
- Densidad de 2.23 g/cm³.
- Su no proceso no produciría impacto medioambiental.
- Es muy resistente a la corrosión.
- No es soluble en agua ni otros disolventes.

- El sonido ultrasónico es imperceptible al oído humano.
- Puede purificar el agua 3 veces mejor.
- Destilar un alcohol de extrema pureza.
- Multiplicar el rendimiento de las células solares y atrapar y manipular la luz.
- Tiene una estructura atómica casi perfecta que le permite auto repararse y generar corriente al deformarse.
- Se puede usar como absorbente de material radiactivo.

El grafeno es un material formado por capas, que comprenden desde una hasta 10 capas superpuestas. Tomando como base discriminadora la especificidad de sus propiedades, el grafeno puede ser clasificado en 3 tipos: mono capa, bicapa y aquél que se encuentra en el rango de 3 a 10 capas.

Comportamiento metálico y efecto de campo eléctrico

El grafeno tiene una forma alotrópica, presenta propiedades que corresponden a los metales, comportándose como semiconductor gap superficial o como semimetal de pequeño traslape, por lo que se recomienda no usar partes de acero que estén en contacto con el grafeno.

Prototipo de laminadora

La conceptualización y diseño del presente proyecto, toma como primera referencia el método manual utilizado por Cruz et. al. [4], también se buscaron algunos prototipos o máquinas ya empleadas en la industria con este método o similar, tales como las de plásticos, rollos de cámaras fotográficas, serigrafía, entre otras, además se busca la manera de eficientar el proceso, reduciendo tiempos y evitando desperdicio del material debido a lo laborioso de la producción del óxido grafeno. Ningún método empleado hasta el momento es útil para lo requerido, por lo tanto se optó por automatizar el método

reportado por Cruz et al. [4] anteriormente mencionado, diseñando el prototipo para hacer más viable su fabricación de películas de óxido de grafeno.

Diseño mecánico en CAD

Tomando las especificaciones requeridas, el método ya empleado y la técnica de serigrafía para el raseo, se propuso el siguiente prototipo, este cuenta con (ver Fig. 6):

- Placa de teflón 200x200mm, la cual es intercambiable para que se pueda seguir produciendo películas de aluminio. Bajo de ella existe un tornillo sin fin, con amortiguadores en cada esquina que ayudan a sujetar la placa cuando suba o baje dependiendo del espesor deseado.
- Brasero, tiene un mango fácil de maniobrar, colocado en dos ejes para fácil raseo, por la parte de abajo tiene una goma especial, similar a la que utilizan en los centros de serigrafía para esparcir el material de manera uniforme. Se puede retirar fácilmente para limpiar los excesos y volver a utilizar.
- Mecanismo de calibración de espesor, el cual por medio de un tornillo sin fin y su paso se calibra las vueltas en la perilla circulas colocada a un lado del mecanismo de fabricación de películas, que se requieren para determinar el tipo de espesor de la película, ya sea 0.018mm o 0.025mm, o algún otro que se requiera.

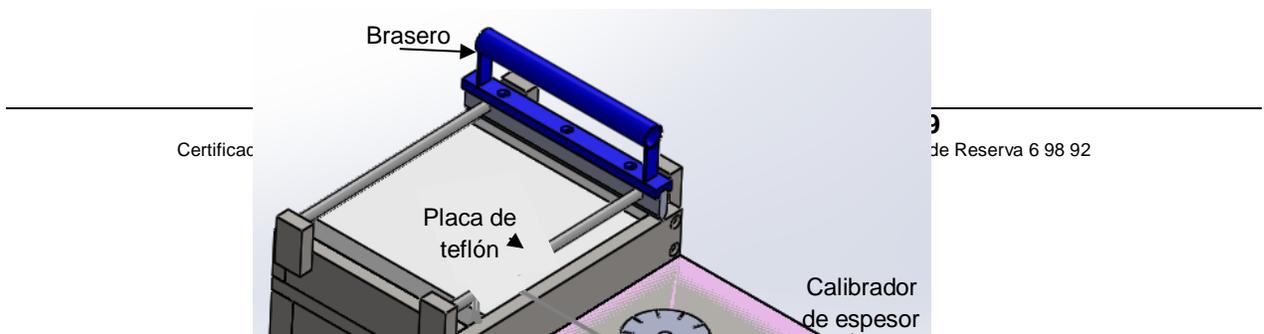


Fig. 6. Diseño de prototipo para laminadora de óxido de grafeno.

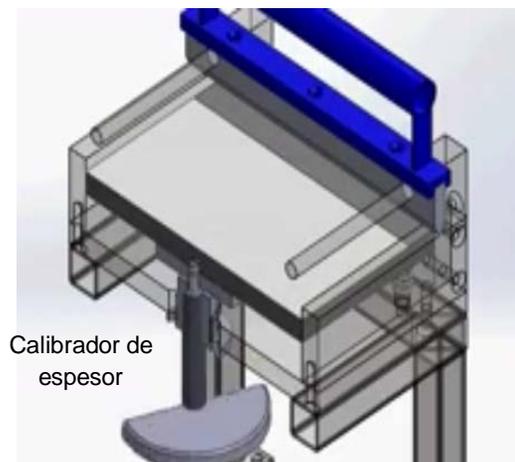


Fig. 7. Diseño del prototipo vista interna del calibrador de espesor.

En la Fig.7 se puede observar el mecanismo del tornillo sin fin que puede subir y bajar la placa de teflón debido al juego de un par de engranes con los cuales se controla, esto para calibrar el espesor que llevará la película, permitiendo que la película lleve el mismo espesor uniforme a la hora de su fabricación.

Diseño del sistema de transmisión para la calibración de espesor

Para el diseño del mecanismo se implementó un sistema de transmisión de movimiento por medio de engranes y banda dentada [3] (ver Fig. 8), el cual al girar el piñón con ayuda de una manivela este transmite el movimiento por la banda dentada al engrane y este a su vez estará conectado a un tornillo sin fin que al girar hará el movimiento de subir o bajar la placa de teflón, para darle el grosor a la película de GO.

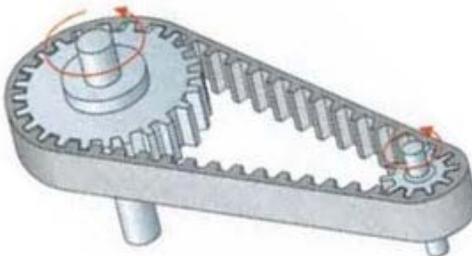


Fig. 8. Transmisión de movimiento.

Diseño del sistema de control

Para la funcionalidad del mecanismo semiautomático, solo se automatizó el rasero, el cual permite el movimiento lineal partiendo de una posición inicial para esparcir el material y crear la película, llegando a la posición final, deteniendo el movimiento, y posteriormente después de retirar la placa de teflón regresar a su posición original. Para el movimiento se utilizó un motor DC de 12V, con un control con relevadores para el cambio de giro y así poder realizar el movimiento de avance y retroceso. A continuación se muestra en la Fig. 9 el diagrama en PCB del control de movimiento del rasero.

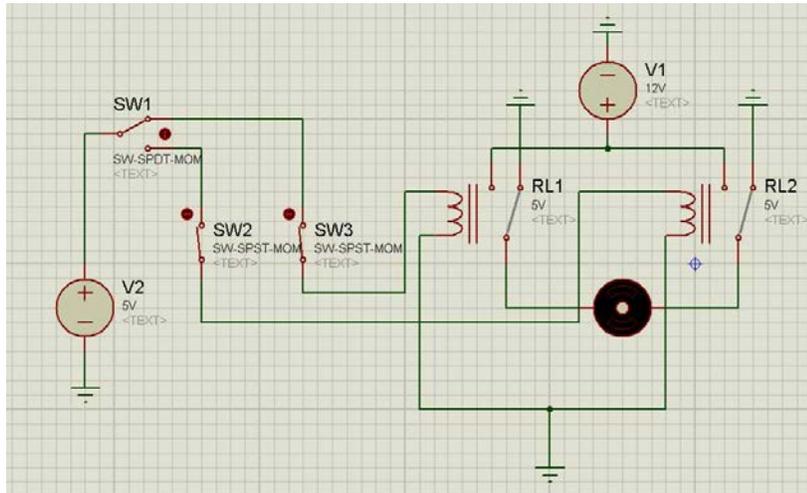


Fig. 9. Circuito PCB empleado para la automatización del rasero.

3. Resultados

Fabricación del prototipo

Para la fabricación de la máquina (ver Fig. 10), se optó por hacer la estructura de material MDF, ya que este material es ligero, económico y fácil de trabajar, se cortaron las piezas para formar la estructura y se unió con tornillos para madera. Para los ejes del bastidor se utilizaron barras cilíndricas de acero de tal forma que pueda deslizarse sin problema en ellas. También con las barras cilíndricas se crearon unos amortiguadores para la sujeción de la placa de teflón y así este se pueda mantener uniformemente plana.

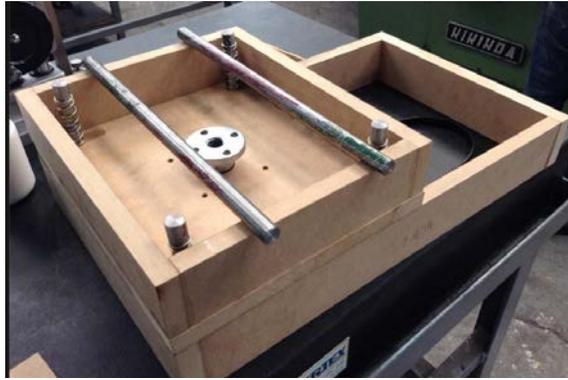


Fig. 10. Diseño con piezas aún sobrepuestas.

Se colocó el sistema de transmisión mecánico en la parte inferior de la estructura para dar movimiento a la placa de teflón. Por cuestiones estéticas y de seguridad se oculta el sistema de transmisión mecánico, y para no afectar el movimiento del piñón, se colocó la manivela en un área accesible para el usuario y que así, este, pueda manejar el giro sin mayores complicaciones. En este mismo espacio se colocó el sistema de control de raseo. En la Fig. 11 se muestra parte de este sistema de transmisión. Y en el mismo espacio bajo la estructura se colocó el sistema de control del raseo.



Fig. 11. Montaje del sistema de transmisión.

Dando como resultado el siguiente prototipo mostrado en la Fig. 12 donde se puede observar la laminadora para película de óxido de grafeno semiautomática.



Fig. 12. Prototipo final.

Una vez terminado el ensamble del prototipo se encontraron áreas de oportunidad donde se pueden hacer mejoras al mecanismo en general, de igual forma agregar aditamentos para mejorar su funcionamiento. De manera particular se hicieron reajustes debido a las principales propiedades del GO consideradas. Se seguirá trabajando en el prototipo especialmente en la parte de automatización del rasero, el mecanismo empleado es funcional pero se pretende ajustarlo para un óptimo funcionamiento, y automatizar el calibrador de grosor y así lograr que este sea más preciso.

4. Conclusiones

Este proyecto surgió por la necesidad de facilitar la elaboración de películas de GO, ya que el método empleado actualmente, que es de manera manual, no garantiza que la película de GO tenga el espesor deseado. Por lo tanto con este prototipo se mostró que el concepto de diseño propuesto fue satisfactorio, sin embargo se detectó que se requieren realizar algunas mejoras, como son: la automatización del sistema de

transmisión para la calibración de espesor y así darle diferentes espesores y que estos sean más exactos, el uso de la placa de teflón por lo delgada tiende a pandearse por lo que se optará por un teflón más grueso o adherirle a la placa de teflón otra placa de algún material que sea más rígido.

5. Referencias

- [1] V. García Martínez. Estudio de la estabilidad del Óxido de grafeno con el tiempo. Universidad de Oviedo. Trabajo fin de Master. Julio 2013
- [2] C. Chang, Z. Song, J. Linb and Z. Xu. How graphene crumples are stabilized? RSC Advances, vol. 3. 25th July 2012. Pág. 2720–2726
- [3] F.P. Beer, E. R Johnston. Mecánica Vectorial para Ingenieros, Dinámica. Novena edición. 2010. Mc Graw Hill. Cap 18. Pag 1086-1213
- [4] R. Cruz-Silva, A. Morelos-Gomez at. Super-stretchable Graphene Oxide Macroscopic Fibers with Outstanding Knotability Fabricated by Dry Film Scrolling. Acsnano. VOL. 8. NO. 6. Marzo 5, 2014. Pág. 5959–5967.