



Metal líquido a temperatura ambiente: galio y sus aleaciones

Alberto Beltrán Morales

Instituto de Investigaciones en Materiales, Unidad Morelia
Universidad Nacional Autónoma de México
Antigua Carretera a Pátzcuaro No. 8701, Col. Ex Hacienda de
San José de la Huerta C.P. 58190, Morelia, Michoacán, México
albem@materiales.unam.mx

Resumen

El uso de metales líquidos a temperatura ambiente cobra relevancia en recientes aplicaciones tecnológicas y en temas de frontera de la ciencia; dentro de dichos metales destaca el galio y sus aleaciones. En este trabajo se presentan algunas de sus características y aplicaciones. Finalmente, se proporciona información visual de una aleación de galio con la que se cuenta en el laboratorio.

Palabras clave:

Metal líquido, galio, almacenamiento de energía, baterías de Metal líquido.

Al hablar de metales líquidos (MLs) tal vez la primera idea que viene a nuestra mente es el mercurio (Hg), ampliamente usado en la fabricación de termómetros. ¡Cómo olvidar el mercurio encapsulado en vidrio y usado en collares que se vendían en las ferias de pueblos! Imposible también no

recordar películas de ciencia ficción como la saga Terminator, donde una masa de metal líquido saliendo del parabrisas de un automóvil adquiere forma humana. Es importante mencionar que además del Hg, a temperatura ambiente también se tiene el galio (Ga) en forma líquida, elemento metálico de apariencia similar al Hg y usado en aplicaciones electrónicas. China produce el 97 % del Ga a nivel mundial. En comparación con Hg y sus aleaciones, el Ga es fácil de manipular en el laboratorio y es más amigable ambientalmente. Reacciona con el aire y agua formando una capa de óxido, lo cual puede minimizarse si se manipula en una atmósfera inerte. Puede fácilmente mantenerse en estado líquido en la palma de la mano (temperatura corporal de 36 °C) o en cualquier laboratorio.

Se pueden formar aleaciones a temperatura ambiente a base de Ga y elementos como el indio, bismuto, antimonio y zinc.

Probablemente, uno de los MLs más usados en ciencia y tecnología sea la aleación eutéctica de Galio-Indio-Estaño (GaInSn), conocido como galinstano o galinstan y con composiciones típicas de 67 % de Ga, 20.5 % de In y 12.5 % de Sn. El GaInSn es químicamente compatible con una amplia variedad de metales, plásticos y vidrio a temperatura ambiente, y es usado como reemplazo del Hg. Interesantemente, presenta superconductividad (pérdida de resistencia eléctrica) a temperaturas por debajo de 6.6 K. El GaInSn puede ser limpiado fácilmente con una solución de etanol y ácido clorhídrico. Una de las principales desventajas de los MLs es el elevado costo, por ejemplo, para la aleación eutéctica de Ga75.5In24.5 el precio (a la fecha) es del orden de 400 USD por 25 g [1].

Los MLs son adquiridos de los proveedores, envasados en recipientes plásticos y envasados en una atmósfera de argón, para minimizar la formación de óxidos. Una vez abiertos, los MLs se suelen envasar en recipientes de vidrio con una solución de ácido clorhídrico (al 5 % en volumen) y agua, de tal forma que, por diferencia de densidad, dicha solución forma una capa delgada en la parte superior del recipiente. La Figura 1 muestra una masa de GaInSn contenida en recipientes de vidrio y plástico. En el siguiente enlace de internet puede observarse la agitación del recipiente de vidrio.

<http://132.247.224.53/owncloud/index.php/s/VfLXvmcFCvPWHTZ>

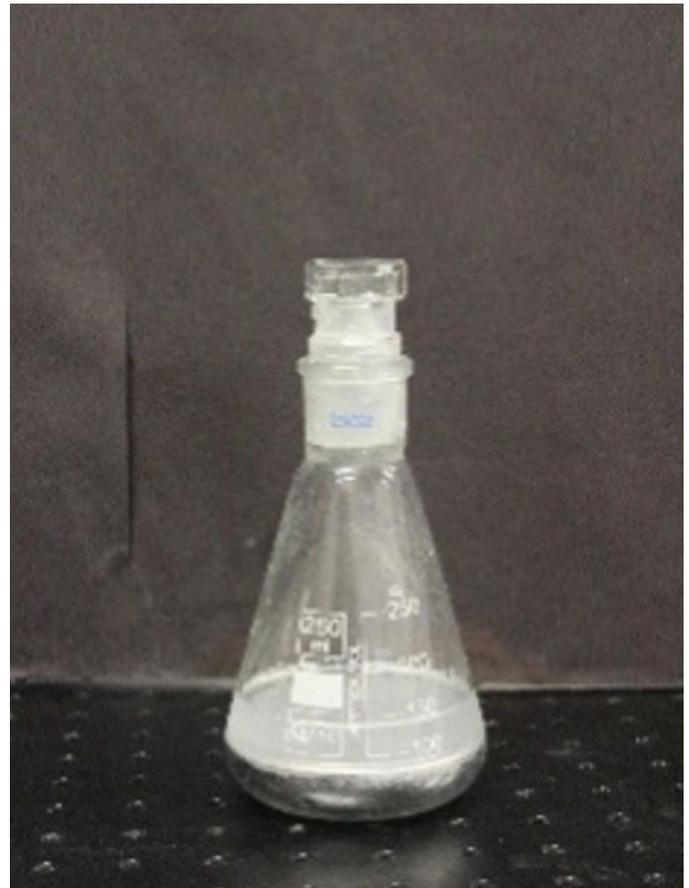
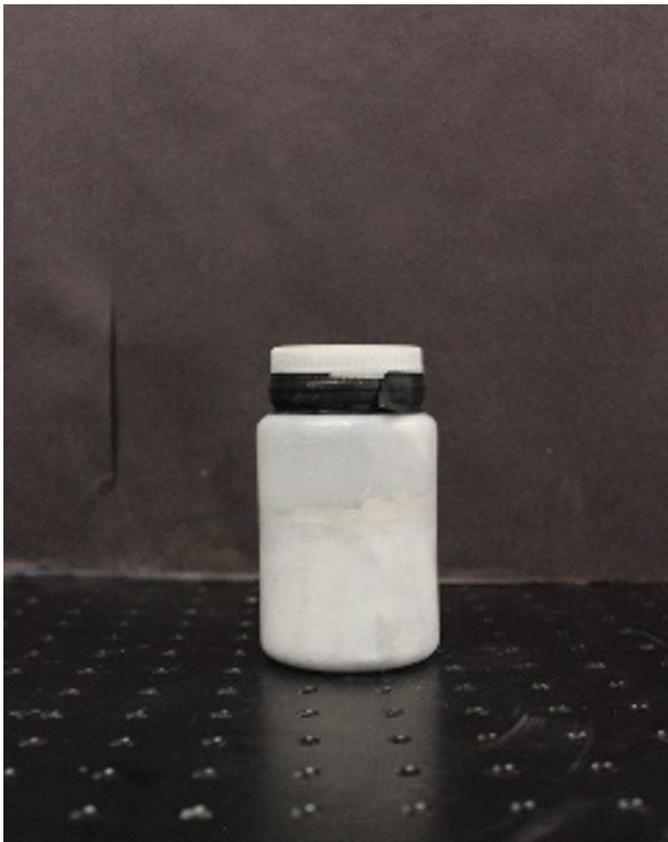


Figura 1. Aleación de GaInSn en un recipiente de plástico (izquierda) y vidrio (derecha)

La Tabla 1 muestra la temperatura de fusión; además de algunas propiedades de transporte y eléctricas de MLs y aleaciones [2].

Variable/Metal	Ga ⁶⁷ In ^{20.5} Sn ^{12.5}	Ga	Ga ^{75.5} In ^{24.5}	Li	Hg
Temperatura de fusión (°C)	10.5	29.8	15.5	180.5	-38.8
Densidad (kg/m ³)	6360	6080	6280	534	1353
Viscosidad (m ² /s)	2.98x10 ⁻⁷	3.24x10 ⁻⁷	2.7x10 ⁻⁷	6.4x10 ⁻⁷	13.5x10 ⁻⁷
Conductividad eléctrica (Ω ⁻¹ m ⁻¹)	3.1x10 ⁶	3.7x10 ⁶	3.4x10 ⁶	2.8x10 ⁶	1.0x10 ⁶

Tabla 1. Propiedades de transporte y eléctricas de MLs y sus aleaciones [2]

Como se observa, el Ga y sus aleaciones son seis veces más densos y alrededor de tres veces menos viscosos que el agua (8.91x10⁻⁷ m²/s). Su conductividad eléctrica es seis ordenes de magnitud mayor que la del agua de mar (≈ 4 Ω⁻¹m⁻¹). Muchos de los MLs no mojan fácilmente las superficies, calentarlas ligeramente puede resolver el problema [2].

Recientemente, las aleaciones de Ga cobraron relevancia en la fabricación de dispositivos flexibles para actividades deportivas y médicas, capaces de medir en tiempo real variables como presión arterial, niveles de oxígeno y frecuencia cardíaca, entre otras. El ML es encapsulado por materiales que soportan deformaciones considerables (polímeros), también se tiene la tecnología de impresión 3D donde se ha mostrado que el ML es capaz de formar ciertas estructuras (alambres, arcos y puentes) [3]. Los óxidos de Ga tienen actividad fotocatalítica y han sido usados con éxito para la degradación de compuestos orgánicos y colorantes [4].

En el tema de almacenamiento estacionario de energía a gran escala, se tiene la tecnología de baterías de metal líquido (BML), formadas por tres capas estratificadas de fluidos conductores: MLs para el ánodo y cátodo, además de un electrolito a base de sal fundida que los separa. Al usar MLs se evita la formación de filamentos delgados (dendritas) después de varios ciclos de carga/descarga y que son causantes de fallos en baterías como las de ión-litio. La alta conductividad de los metales minimiza las pérdidas de calor generado por el paso de una corriente eléctrica a través de un conductor metálico (efecto Joule) y al estratificarse por diferencia de densidad se simplifica el diseño y manufactura. Se ha reportado en la literatura que, debido a la interacción de la corriente eléctrica con el campo magnético (fuerza de Lorentz) y diferencias de temperatura (convección), se genera movimiento de los fluidos al interior de una BML [5, 6]. Lo anterior puede conducir a condiciones óptimas de desempeño o de un corto circuito para el caso de mezclado intenso.

Dentro de las líneas de investigación de la Unidad Morelia se tiene el estudio de fenómenos de transporte asociados a las BML y de degradación fotocatalítica usando MLs. Se agradece el apoyo de los proyectos CONACyT CF-2023-I-1373, UNAM-DGAPA-PAPIIT IN107722 y UNAM-DGAPA-PAPIME PE104622.

Referencias

- [1] https://www.sigmaaldrich.com/MX/es/product/aldrich/495425?gclid=CjwKCAjwp9qZBhBkEiwAsY-FsbzrKml-6EwbhwBJxZcKS0f2Yx_9Y6LJD_a-sgteVSrP-q3cFypalO7RoCVPUQAvD_BwE&gclidsrc=aw.ds
- [2] N. Morley, J. Burris, L. C. Cadwallader, M. D. Nornberg. Gallium usage in the research laboratory. *Review of Scientific Instruments* 2008, 79, 056107.
- [3] C. Ladd, J. H. So, J. Muth, M. D. Dickey. 3D printing of free standing liquid metal microstructures. *Adv. Mater.* 2013, 25, 5081-5085.
- [4] S. Orozco, M. Rivero, E. Montiel, J. Espino-Valencia. Gallium Oxides Photocatalysts Doped With Fe Ions for Discoloration of Rhodamine Under UV and Visible Light. *Frontiers in Environmental Science* 2022, 10, 884758.
- [5] T. L. Aguilar-García, M. Rivero, J. Núñez, I. Alfonso, A. Beltrán. Effect of electromagnetically driven liquid metal flows on the electric potential difference in a cuboid vessel. *Journal of Power Sources* 2021, 483, 229162.
- [6] D. H. Kelley, T. Weier. *Fluid Mechanics of Liquid Metal Batteries*. ASME. *Appl. Mech. Rev.* 2018, 70(2): 020801.