

Dario F. Zambrano-Mera<sup>1</sup>

Martin I. Broens

*Universidad Nacional de*

*Córdoba, Facultad de*

*Ciencias Químicas,*

*Departamento de*

*Fisicoquímica, Haya de la*

*Torre esq. Medina*

*Allende, X5000HUA,*

*Córdoba, Argentina*

Rodrigo Espinoza

González<sup>1</sup>

Bo Wang

*Chair of Functional*

*Materials, Department of*

*Materials Science &*

*Engineering, Saarland*

*University, Saarbrücken,*

*66123, Germany*

Andreas Rosenkranz<sup>1</sup>

*<sup>1</sup>Departamento de*

*Ingeniería Química,*

*Biotecnología y*

*Materiales, Facultad de*

*Ciencias Físicas y*

*Matemáticas,*

*Universidad de Chile,*

*Chile*

## Lubricación sólida de recubrimientos nanocompuestos tipo sándwich de $Ti_3C_2T_x-MoS_2$

Lubricantes sólidos se están volviendo cada vez más relevantes en aplicaciones avanzadas debido a su sencillez de aplicación [1,2]. A diferencia de los lubricantes líquidos como los aceites y grasas, los recubrimientos sólidos presentan una mayor estabilidad a altas temperaturas y en condiciones de vacío. En este contexto, el grafeno, el óxido de grafeno y el  $MoS_2$  son nanomateriales de vanguardia que se utilizan actualmente en la lubricación sólida [1,2]. Sin embargo, en los últimos años se ha centrado una considerable cantidad de investigación en el estudio del rendimiento de los MXenes en la lubricación sólida [2]. Estos materiales han demostrado un excelente desempeño en términos de resistencia al desgaste, gracias a la formación de películas tribológicas beneficiosas. No obstante, el coeficiente de fricción resultante de estos recubrimientos sigue siendo alto, lo que indica la necesidad de una optimización adicional [1-3]. Con el fin de abordar esta limitación, se diseñaron recubrimientos compuestos tipo sándwich que combinan la baja fricción del  $MoS_2$  (S) con la alta resistencia al desgaste del  $Ti_3C_2T_x$  (MX). Se comparó el rendimiento tribológico de estos compuestos con diferentes secuencias de apilado (MX/S) versus S/MX) y se evaluaron individualmente los componentes por separado utilizando ensayos de tribometría de bola sobre disco en condiciones de deslizamiento en seco y variando la carga normal aplicada (presión de contacto). Posteriormente, se procedió a la caracterización de las superficies desgastadas mediante diversas técnicas de análisis avanzado. Se utilizó HR-XPS localizado y EDS para identificar la composición química y la distribución espacial (mapeo químico) de la tribo-capa. Mediante FIB-TEM se estudió la microestructura de la tribo-capa a nivel nanométrico, obteniendo imágenes de alta resolución que revelaron posibles cambios en la morfología y la presencia de defectos. La espectroscopía Raman se empleó para investigar la presencia de estructuras cristalinas y amorfas en la tribo-capa. Por último, la interferometría de luz blanca se utilizó para medir la rugosidad superficial y evaluar cambios en la topografía de la superficie desgastada. Los resultados obtenidos indicaron que los recubrimientos compuestos tipo sándwich presentaron un rendimiento tribológico superior, logrando una reducción de aproximadamente el 50 % en la fricción y el desgaste. Entre las diferentes secuencias de apilado, se encontró que el recubrimiento MX/S mostró las mejores características de fricción y desgaste. Estas tendencias experimentales sugieren que la formación de una capa tribológica beneficiosa mejora la estabilidad química y reduce la fricción en comparación con los materiales puros, lo que los convierte en candidatos ideales para mejorar el rendimiento tribológico de componentes mecánicos sometidos a elevadas presiones de contacto.

## Agradecimientos

Dario F. Zambrano-Mera agradece el apoyo financiero otorgado por ANID a través del FONDECYT postdoctoral (3220165) y el proyecto FONDECYT 1231474. A. Rosenkranz agradece el apoyo financiero otorgado por ANID-CONICYT en el marco de los proyectos Fondecyt 11180121 y Fondequip EQM190057. B. Wang agradece el apoyo financiero otorgado por la Fundación Alexander von Humboldt (beca Feodor-Lynen).

## Referencias

- [1] Wyatt B.C. et al. (2021), [doi.org/10.1002/adma.202007973](https://doi.org/10.1002/adma.202007973)
- [2] Rosenkranz A. et al. (2023), [doi.org/10.1002/adma.202207757](https://doi.org/10.1002/adma.202207757)
- [3] Macknoja A. et al. (2023), [doi.org/10.1021/acsnano.2c09640](https://doi.org/10.1021/acsnano.2c09640)