

## La fascinante historia de los drones

Carmina Villegas Toraya



## Retas a un clic

Pía Soler Álvarez

## La IA y la educación: un dilema moderno

Héctor J. Selley R.



# ¿QUÉ ES LA INGENIERÍA DE SUPERFICIES?

ING. ROBERTO NEFTALÍ JAVIER CRUZ

Estudiante de Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecánica en IPN ESIME Zacatenco.

## Introducción

En el mundo de la industria, cualquier máquina, herramienta, engrane y tornillo tiene la característica de que al pasar el tiempo tarde o temprano esta se desgastará, perdiendo sus propiedades y características físicas o químicas. El desgaste es un proceso que todo material puede sufrir, y aunque se trate de algo normal, en algunos casos puede ser perjudicial en el ámbito industrial y de igual manera en las herramientas o dispositivos que utilizamos en el día a día. En el caso de la industria, una máquina o herramienta desgastada puede causar accidentes que pueden perjudicar la vida de un trabajador. La Secretaría del Trabajo y Prevención Social (STPS) reportó en 2023 un total de 6544 accidentes por defectos de los agentes de riesgos (máquinas, herramientas, zona de trabajo, instalaciones, entre otros). Dentro de estos defectos encontramos materiales fracturados, zonas desgastadas, superficies resbalosas y agentes con un mal diseño (STPS, 2024).

Se sabe que, para prevenir estos accidentes, es esencial llevar a cabo un mantenimiento adecuado de las maquinarias y herramientas en la industria. Sin embargo, antes de llegar a esto, específicamente en el proceso de diseño, se debe realizar una cuidadosa selección de los materiales utilizados en la fabricación de estos dispositivos y objetos. En este proceso, la ingeniería de superficies juega un papel fundamental. Esta disciplina busca modificar la superficie de un material mediante tratamientos, recubrimientos, acabados superficia-

les, entre otros procesos. Todo esto se realiza para modificar las características mecánicas o químicas en la superficie del material con el objetivo de mejorar las capacidades y aumentar la vida útil de la herramienta, máquina o cualquier otra pieza, ya sea metálica, cerámica o polimérica.

El objetivo de este escrito es realizar un breve resumen y dar a conocer un poco acerca de lo que consta esta disciplina, los procesos que se realizan, los ensayos y técnicas que se utilizan para modificar la superficie de un material, además de los fenómenos que implican y afectan a los materiales, en especial a los metálicos.

## Tribología

Cuando hablamos de ingeniería de superficie, se tiene que mencionar la ciencia de la tribología, ya que son disciplinas que siempre nos encontraremos de la mano. El término de esta ciencia fue definido alrededor del año 1967, el cual junta las palabras *tribos* (fricción) y *logos* (estudio). Esta ciencia estudia la causa del desgaste en los materiales teniendo como primera causa la fricción. Para esto se realizan análisis operacionales y se utilizan conocimientos en física, química, mecánica, termodinámica, ciencia de los materiales, entre otros (Bhushan, 2013).

Al ya saber que el desgaste comienza con la interacción entre dos cuerpos o la existencia de desgaste por agentes químicos externos (corrosión), así como por una combinación



entre estos dos tipos de desgaste (tribocorrosión), los principales casos de averías en máquinas y herramientas empiezan en las partes móviles, por ejemplo, rodamiento, engranes, levas, embragues, entre otras (Stachowiak y Batchelor, 2013). En la industria, la tribología adquiere un papel muy importante para la solución de estos problemas, ya que las herramientas utilizadas siempre se desgastarán debido a su uso constante o a la exposición a un medio, dando como resultado una pérdida en el rendimiento mecánico y, a su vez, gastos en el mantenimiento de las máquinas e incluso, en casos más extremos, que la máquina o herramienta deje de funcionar. Cuando esto sucede, si se puede reducir el tiempo del deterioro del material es posible lograr un ahorro considerable para las empresas.

Por último, no hay que confundir definiciones entre la ingeniería de superficies y la tribología, considerando que son disciplinas con objetivos parecidos. Mientras la tribología es una ciencia que estudia el desgaste, la fricción y la lubricación, la ingeniería de superficies se apoya de esta ciencia para lograr crear procesos que mejoren las características de los materiales.

## Técnicas utilizadas en ingeniería de superficies: tratamientos termoquímicos

A inicios de nuestra carrera como ingenieros, obtenemos conocimientos sobre procesos que mejoran las propiedades de un material, como son los tratamientos térmicos: revenido, temple, normalizado, entre otros. Este tipo de procesos tienen miles de años de usarse y, para darnos una idea, estos procesos térmicos fueron utilizados por los grandes herreros que forjaban armas de hierro resistentes para las batallas, y no es sino hasta la era moderna cuando estos procesos dieron un gran salto en su desarrollo, gracias al avance tecnológico de los hornos de fundición. El desarrollo en la tecnología para la creación de hornos más eficientes y con una capacidad de alcanzar temperaturas más altas permitió generar nue-

vos procesos para el endurecimiento de superficies. Es aquí donde entran los tratamientos termoquímicos, que son procesos que, con ayuda de un agente químico externo, altas temperaturas y largos periodos de tiempo, se puede modificar la estructura de la superficie de un material metálico para mejorar sus propiedades químicas y mecánicas con relación a su versión antes del tratamiento.

Al introducir un objeto metálico junto con un agente químico en un horno a altas temperaturas, se realiza un proceso químico llamado *difusión*, que en resumidas palabras es un proceso químico en el que los átomos del agente químico se mueven a través de las vacancias en las estructuras cristalinas del elemento metálico, alterando la composición química de la superficie del objeto metálico. En el caso de los aceros, en la superficie se logra formar una capa muy delgada (alcanzando tamaños en micras), pero muy dura, de un compuesto formado por hierro (por el acero) y un elemento adicional, el cual dependerá del agente químico (véase Figura 1).

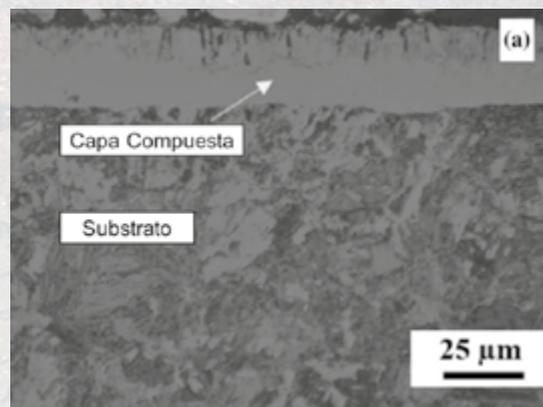


Figura 1. Micrografía de un acero al cual se le aplicó un tratamiento termoquímico (nitrurado). Imagen obtenida y modificada de Wong-Ángel *et al.*, 2021).

Por otro lado, los tratamientos termoquímicos no son exclusivos para aceros, también son realizados para aleaciones de titanio y aluminio, como se puede observar en la Figura 2.

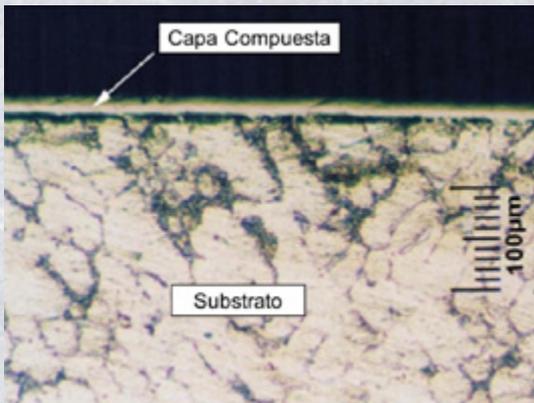


Figura 2. Micrografía de un aluminio al cual se le aplicó un tratamiento termoquímico (nitrurado). Imagen obtenida y modificada de Dwivedi (2018).

A continuación, se mencionan los tratamientos termoquímicos más conocidos en la industria y sus características (Dwivedi, 2018):

- **Carburado**

Conocido también como cementado, es un tratamiento en el cual se induce un material metálico a un ambiente rico en carbono. Las temperaturas que se utilizan para lograr este proceso pueden llegar de 850 a 950 °C y pueden alcanzar durezas de entre 5 y 7 GPa aproximadamente, esto en aceros.

- **Nitrurado**

En este tratamiento se induce la aleación a un ambiente rico en nitruros, y las temperaturas para lograr este tratamiento pueden variar dependiendo del método para tratarlo; la literatura proporciona una temperatura variada de 300 a 800 °C y su capa compuesta puede alcanzar una dureza de entre 6 y 12 GPa, esto en aceros.

- **Borurado**

Por último, este proceso consta de inducir el material en un ambiente rico en boruros, logrando una temperatura de 850 °C hasta alcanzar los 1100 °C para su proceso. Además, la dureza que puede adquirir en aceros puede ser desde los 10 GPa hasta los 22 GPa.

Por último, la siguiente gráfica muestra alguno de los procesos ya mencionados, además de otros procesos de difusión. En la Figura 3 se comparan las durezas que pueden alcanzar.

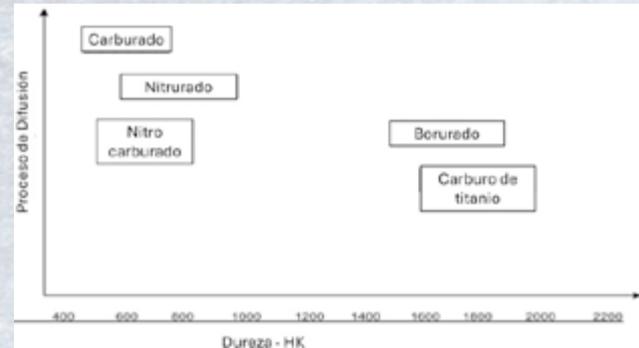


Figura 3. Gráfica que relaciona la dureza Knoop (HK) con el proceso de difusión en diferentes tratamientos superficiales

## Conclusiones

- En el tema de propiedades mecánicas y químicas, existen tratamientos termoquímicos que pueden alcanzar mejores propiedades, una de estas es la dureza, como es el caso de los procesos de borurado y con carburo de titanio, pero esto no quiere decir que sean superiores a los otros tipos de tratamientos; estos procesos dependerán mucho del alcance y estrategias que tengan las industrias para las aleaciones que estén maquinando o procesando.
- Es importante mencionar que existen diferentes tipos de métodos para realizar un proceso de difusión, estos dependerán del tratamiento que se esté realizando. Uno de los métodos más comunes es en hornos a los cuales se les introduce un recipiente especial y en donde estará la aleación y el agente químico. También existen los métodos por cámara de plasma, tratamientos por empaquetamiento con polvos, para el caso de los boruros, entre otros.
- Por último, no existe un tratamiento superior, cada uno tiene sus ventajas y desven-



tajas, más cuando de economía se refiere, ya que, como hemos visto, en algunos casos se necesitan temperaturas altísimas para lograr el proceso de difusión en algunos tratamientos, además de que el tiempo juega un papel importante en el proceso de difusión. Al final esto requerirá de mucha energía y dependerá de la industria para crear las estrategias correspondientes a fin de lograr un buen proceso.

## Referencias

- Bhushan, B. (2013). *Introduction to Tribology*. John Wiley. <http://ebookcentral.proquest.com/lib/anahuac-ebooks/detail.action?docID=1120903>
- Dwivedi, D. K. (2018). Surface engineering: Enhancing life of tribological components. En *Surface Engineering: Enhancing Life of Tribological Components*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-81-322-3779-2>
- Stachowiak, G., y Batchelor, A. W. (2013). *Engineering Tribology*. Elsevier Science & Technology. <http://ebookcentral.proquest.com/lib/anahuac-ebooks/detail.action?docID=1402495>
- STPS (2024). Avisos de accidentes de trabajo registrados en la STPS. *Gobierno de México*. Recuperado de: <https://www.stps.gob.mx/gobmx/estadisticas/siaat.htm>
- Wong-Ángel, W. D., Martínez-Trinidad, J., Campos-Silva, I., Hernández-Hernández, V., Silva-Rivera, U. S., y García-León, R. A. (2021). Wear-Corrosion Synergy on Din-16MnCr5 Steel Under Nitriding and Post-Oxidizing Treatments. *Journal of Bio- and Tribo-Corrosion*, 7(3), 1–13.