

Trazabilidad mecánica y análisis microestructural

Caracterización del cobre chileno

Con el fin de generar un respaldo científico y técnico del cobre nacional, un grupo de investigadores de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas y de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile están trabajando en un estudio interdisciplinario financiado por Codelco para generar una plataforma que apoye la validación de la alta pureza del metal, y así poner sus conocimientos académicos al servicio del país.

Por Andrea Dávalos O.

Chile es el principal productor de cobre en el mundo, sin embargo, una de las grandes falencias que tiene nuestro país es que el desarrollo investigativo sobre aspectos técnicos y científicos de este metal como su composición química o sus características mecánicas, no está a la altura de su posición en el mercado. Si bien esta situación no influye directamente en la exportación de la materia prima, revertirla podría convertirse en un *plus* para el país al momento de comercializarla. Es en este contexto que el académico de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas (FCFM) de la Universidad de Chile, Miguel Ignat, junto a un grupo de investigadores tanto de Beauchef como de la Facultad de Ciencias, y con el apoyo de Codelco, desarrolla un estudio basado en la caracterización del cobre con el objetivo de generar un respaldo científico y técnico a la calidad del metal chileno.

Diferencias en los análisis

La principal exportación de Codelco son los cátodos de cobre. Para llegar a este estado, el metal ha sido fundido para la cosecha de ánodos, los que posteriormente son purificados a través de refinación, obteniendo cátodos grado A, es decir, con el





De izquierda a derecha: Tomás Jil, Álvaro Valencia, Sergio Davis, Nicolás Amigo, Gonzalo Gutiérrez, Yasmín Navarrete, Miguel Ignat y Alice Moya.

Trazabilidad del cobre

La investigación consiste en ver cómo los cátodos se van modificando micro estructuralmente y, en consecuencia, de manera mecánica los cobres desde ánodos hasta alambres finos, determinando los mecanismos físicos que controlan estos cambios. De esta manera, el estudio puede establecer las bases para la elaboración de un ensayo mecánico de calificación del cobre de cátodo, un símil de la prueba que

nivel de más alta pureza (99,99%). En esta etapa el metal está listo para ser vendido a industrias productoras de alambrones, alambre grueso cuyo fin es principalmente la elaboración de alambre fino de gran calidad para diversas aplicaciones tecnológicas como la aeronáutica y la microelectrónica.

Para certificar estos estándares en la producción, Codelco realiza análisis químicos y observación de superficie del cátodo. Sin embargo, algunas veces se han presentado ciertas divergencias entre la información que elabora la empresa chilena, con los resultados que obtienen sus compradores, quienes a partir de sus propios análisis pueden descalificar la calidad del cátodo de origen.

“La controversia está en que el cátodo de cobre, al ser fundido para la obtención de alambrones cambia micro estructuralmente, pudiendo perder ductilidad –aptitud del metal a la deformación necesaria en la elaboración de productos de transformación-. Nuestra investigación consiste en ver cómo se va modificando la estructura en todas las etapas del cobre y ver cómo evolucionan las características de esos materiales”, señala el profesor visitante del Departamento de Física (DFI) de la FCFM, Miguel Ignat, quien, además, trabaja junto a los memoristas del Departamento de Mecánica, y becados por Codelco, Alice Moya y Tomás Jil.

Para ello, en el DFI se instaló el laboratorio de Micro y Nano Mecánica de Materiales el cual cuenta con dispositivos de deformación y observación de materiales micro o nano estructurados para estos fines (ver recuadro p. 33).

los compradores realizan al alambroón.

El proyecto, además, está complementado por tres líneas investigativas interdisciplinarias, con el fin de aportar un conocimiento más especializado. Una de ellas es desarrollada por el académico del Departamento de Física de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile, Gonzalo Gutiérrez, junto al memorista Nicolás Amigo. El estudio apunta a un análisis nanoscópico mediante la modelización atomística de la red cristalina del cobre y los efectos que producen las impurezas en este metal.

Por otro lado, está el trabajo del académico del Departamento de Mecánica, Álvaro Valencia, quien se ocupa de los cálculos termodinámicos en relación a las impurezas, así como de la modelización de elementos finitos de los ensayos mecánicos que se utiliza comúnmente para certificar la calidad del cobre de los alambrones.

Por último, la investigación también recurre a un análisis estadístico para establecer un muestreo en planta de los cátodos y, a partir de ello, validar un ensayo mecánico estándar que pueda servir como aval de calidad. Esta parte del estudio es dirigida por el académico del Departamento de Física de la Facultad de Ciencias, Sergio Davis, quien trabaja con la memorista Yasmín Navarrete.

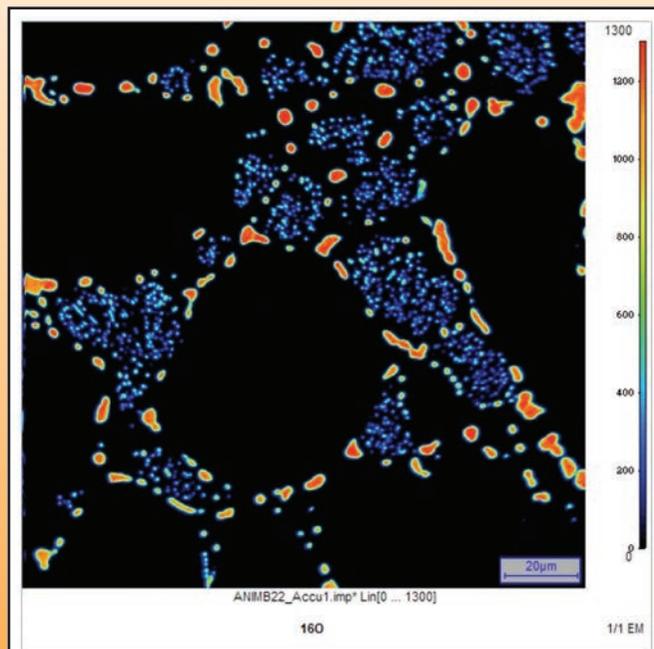
Hasta ahora, el resultado más general de este estudio es que el cobre evoluciona desde la obtención anódica hasta la manufactura del metal, surgiendo una discontinuidad de las

propiedades mecánicas. “Hemos trabajado dos años en esto y esperamos seguir el análisis porque la última fase es el diseño del experimento piloto”, señala el académico Miguel Ignat, quien agrega que “toda esta investigación no solo es para complementar las herramientas analíticas que hoy en

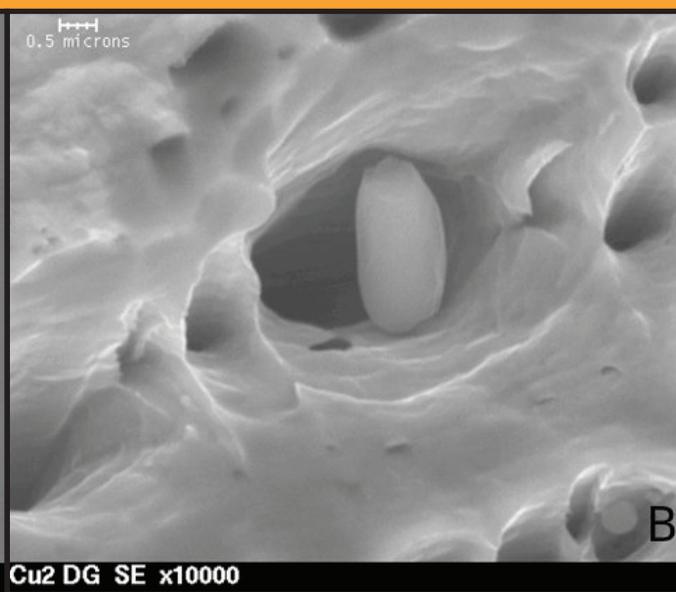
día posee Codelco, sino también para contribuir a afianzar el conocimiento técnico del país sobre los ánodos, cátodos, alambrones y alambres de cobre”. 

Laboratorio de Micro y Nano Mecánica de Materiales

Pertenciente al Departamento de Física de la FCFM y subvencionado por Codelco, el Laboratorio de Micro y Nano Mecánica de Materiales está compuesto por dos dispositivos de deformación de materiales mono o policristalinos que presentan micro o nanoestructuras, un microscopio digital que permite mediciones de rugosidad superficial, reconstitución de imágenes 3D, y la posibilidad de efectuar ensayos de tracción en temperatura. En él, se han realizado estudios tan diversos como la determinación de las propiedades mecánicas de capas finas autosostenidas de distintos metales hasta observación *in situ* de la deformación de tejidos humanos afectados por aneurismas y sus propiedades mecánicas.



Micrografía obtenida por espectrometría de masas de iones secundarios. Las manchas de color corresponden a la localización del elemento analizado. En este caso, la detección superficial de oxígeno en un Cobre de ánodo. La escala de coloración representa la concentración local relativa; elevada (roja) en las cercanías de los bordes de granos, y nula (negra) en el interior de los granos.



(A) Micrografía (microscopía electrónica de barrido) de la superficie de ruptura por tracción de un alambre fino de Cobre de 0.03 mm de diámetro.

(B) Acercamiento a la superficie del alambre donde se observa en el centro de la imagen la partícula de óxido que generó la ruptura.