

## **ESTUDIO DE LOS PROCESOS DE INTERACCIÓN DE DEFECTOS EN MOLIBDENO EN EL RANGO DE TEMPERATURAS ENTRE TEMPERATURA AMBIENTE Y 1273K**

**Código:** ING290

**Período:** 2010-2013

**Director:** Zelada, Griselda Irene

**E-mail:** gizelada@fceia.unr.edu.ar

**Integrantes:** García Martínez, José A; Sorichetti, Patricio A; Lambri, Osvaldo A; Matteo, Claudia L; Cano, José A; Lucioni, Eldo J; Tarditti, Federico; Plazaola Muguruza, Fernando

### **Objetivos**

Se propone estudiar los mecanismos de interacción de los defectos que se generen en molibdeno monocristalino y policristalino deformado plásticamente e irradiado con neutrones a altos flujos y dosis, en el rango de temperaturas entre la ambiente y los 1273K. Se pondrá el mayor esfuerzo en el rango de temperaturas del 30% de la temperatura de fusión,  $T_m$ ; dado la importancia tecnológica del mismo por su efecto sobre las propiedades mecánicas. En efecto, se estudiará para diferentes grados de deformación plástica y diferentes dosis de irradiaciones con neutrones a altos flujos ( $1017 \text{ n/m}^2\text{s}$ ) los arreglos de las dislocaciones y tipos de defectos generados. Se pondrá esfuerzo en la determinación de los parámetros de activación y de relajación de los procesos físicos de interacción que sean detectados y reproducibles mediante espectroscopía mecánica, resistividad eléctrica y análisis térmico diferencial.

Se utilizarán también estudios de microscopía electrónica de transmisión, aniquilación de positrones y dispersión de neutrones a bajos ángulos, para resolver la microestructura. Asimismo, se pondrá esfuerzo en la determinación de las tensiones de microfluencia en función de la temperatura para cada uno de los arreglos de dislocaciones resultantes de las deformaciones plásticas y arreglos de los defectos producidos por las irradiaciones. Se realizará un mapa tridimensional de la respuesta de los parámetros de la función de Havriliak–Negami acoplada a la función de relajación modificada de tiempos de relajación (MRT), en función del grado de deformación plástica y de la dosis de irradiación con neutrones, para cada pico de amortiguamiento según su temperatura característica. A partir de esta representación por un lado, se propondrán diferentes respuestas de la función de termofluencia y/o de relajación para ayudar a la predicción de respuesta del ensayo de creep y/o relajación de tensiones. Esto representa una condición estratégica desde el punto de aplicaciones tecnológicas dado que se podrán obtener parámetros de creep (y/o relajación de tensiones) en tiempos infinitamente más cortos que los involucrados en estos ensayos.

Por lo expuesto, estos resultados resultan de alto interés y necesidad actual para llegar a la predicción de tiempos de vida de elementos en servicio en los reactores nucleares. Además se tratará de extender esta caracterización realizada para el molibdeno a otros metales del grupo de los refractarios, como por ejemplo el niobio y el tungsteno. Asimismo, se tratará de extender la aplicación de los resultados a aleaciones de aplicaciones tecnológicas, fuera del grupo de los metales refractarios, que presenten procesos de relajación en el rango del 30% de la temperatura de fusión, como son por ejemplo las superaleaciones de base magnesio y aluminio.

### **Resumen Técnico**

En la actualidad el Molibdeno juega un papel de gran importancia en la industria nuclear, hasta tal punto, que su ausencia llevaría a las plantas de generación de energía eléctrica hasta la situación de dos o tres décadas atrás. Tanto el Molibdeno como los nuevos aceros inoxidable de altas prestaciones (HPSS) con el 7,5% de

Molibdeno, pueden incrementar hasta más de tres veces la vida útil de los elementos condensadores; los cuales son grandes intercambiadores de calor que se perforaban por corrosión. La nueva generación de reactores utilizando el Molibdeno sin alear o el HPSS han permitido alargar su vida útil hasta más de 18 años.

Muchos de los materiales empleados en los reactores nucleares, sobre todo en los nuevos de alto rendimiento, están sometidos a tensiones mecánicas, temperaturas mayores a la temperatura ambiente y también irradiaciones. Por esta razón es muy importante tener una detallada comprensión de los procesos físicos que operan a diferentes temperaturas para poder predecir el tiempo de vida útil en los componentes. En particular, el conocer los mecanismos de interacción entre los defectos producidos por la irradiación y su comportamiento en función de la temperatura representan un área de alto interés tecnológico.

Se estudiarán los mecanismos de interacción de defectos en Molibdeno, producidos por diferentes tratamientos termomecánicos y la irradiación con neutrones a altos flujos, y su efecto sobre la microestructura y las propiedades mecánicas, eléctricas y termodinámicas, entre temperatura ambiente y los 1273K, poniéndose mayor esfuerzo en el rango de temperaturas alrededor del 30% de la temperatura de fusión,  $T_m$  (aprox. 800K); dado la importancia tecnológica de la misma por su influencia sobre las propiedades mecánicas.

Se empleará una vasta cantidad de técnicas experimentales: espectroscopía mecánica, resistividad eléctrica, análisis térmico diferencial, microscopía electrónica de transmisión, aniquilación de positrones, dispersión de neutrones a bajos ángulos, difracción de rayos X y estudios metalográficos. Se trabajará en la modelización de los procesos de interacción que sean detectados y en la predicción del grado y tipo de daño producido por la irradiación.

Estos resultados experimentales y teóricos serán de sobremanera importantes por resolver con finura los mecanismos de interacción entre los bordes de grano, las dislocaciones, las vacancias y los arreglos de defectos producidos por la irradiación (por ejemplo, loops de dislocaciones, aglomerados de vacancias) y sus energías de activación involucradas. Esto brindará herramientas de alto valor para las predicciones de creep anelástico, para cálculos de diseño y también para las determinaciones de vida útil de componentes en servicio en reactores nucleares de potencia.

**Disciplinas:** Física, Ingeniería

**Especialidad:** Materiales

**Palabras Clave:** molibdeno - daño por radiación - recuperado - dislocaciones - defectos puntuales