

## Mecanismos de transporte superficial en hielo: energía relativa de borde de grano en hielo puro (resumen)

La evolución de la superficie del hielo depende de los procesos físicos de transporte de materia en la superficie del hielo y de las condiciones ambientales existentes.

A lo largo del trabajo se estudió experimentalmente los fenómenos de transporte de materia sobre la superficie de hielo puro y en la determinación de los parámetros físicos que los caracterizan. Se hizo incapié en el estudio de la energía relativa superficial de borde de grano en hielo puro, definida como  $\gamma_{bg}/\gamma_s$ , donde  $\gamma_{bg}$  es la energía del borde de grano y  $\gamma_s$  es la energía superficial. Todas las muestras cristalinas de hielo fueron producidas a partir de agua destilada filtrada (con una concentración de impurezas menor a las  $10^{-2}$  ppm). Las muestras de hielo fueron producidas bajo las mismas condiciones de impurezas y conductividad registradas en el hielo de capas polares.

Mediante una celda criogénica transparente se observó la evolución de procesos difusivos sobre la superficie del hielo puro por medio de microscopía óptica de transmisión. Se determinó el coeficiente de auto-difusión superficial del hielo puro observando la evolución de la forma del surco del BG. Se observó también un comportamiento cuasi-líquido de la superficie hielo para la temperatura cerca del punto de fusión del hielo, lo que podría tener una fuerte influencia sobre las tasas de reacción con los gases atmosféricos.

Se construyó además una celda criogénica metálica para la observación mediante microscopía confocal láser de la evolución del borde de grano y otros defectos superficiales en el hielo en contacto con su vapor. Con esa celda se obtuvo la evolución de la forma del surco del borde de grano y de una depresión en una muestra bicristalina de hielo con orientación  $\langle 100 \rangle / 50^\circ$  a temperatura  $T = -5$  ; Se comprobó que la difusión gaseosa domina el proceso de evolución temporal del surco y de la depresión. También se pudo observar que el coeficiente de difusión gaseosa que mejor representa nuestro experimento es igual al reportado por otros autores en sus publicaciones.

Finalmente, se midió  $\gamma_{bg}/\gamma_s$  para borde de grano en bicristales puros de hielo tipo  $\langle 110 \rangle / \varphi$  y del tipo  $\langle 001 \rangle / \varphi$  siendo  $\varphi$  la desorientación angular entre los granos del bicristal. También se estudiaron para cada muestra diferentes inclinaciones del borde de grano denominada  $\alpha$  que representaba la inclinación angular del borde de grano respecto del plano de simetría para la desorientación estudiada. Las muestras cristalinas fueron estudiadas para las temperaturas  $T = -5$  y  $T = -18$  .

La medición de  $\gamma_{bg}/\gamma_s$  se realizó a partir de la forma adoptada por el borde de grano cuando el mismo emerge a la superficie de la muestra. La reconstrucción tridimensional de la forma fue a partir de micrografías confocales de réplicas plásticas de la superficie de hielo.

La energía relativa  $\gamma_{bg}/\gamma_s$  depende de  $\varphi$  y de  $\alpha$ , mostrando una mayor variabilidad a  $-18$  . Todas las muestras estudiadas muestran que  $\gamma_{bg}/\gamma_s$  es mayor para bordes de grano asimétricos ( $\alpha \neq 0^\circ$ ) que para bordes de grano simétricos ( $\alpha = 0^\circ$ ). Finalmente, los valores de  $\gamma_{bg}/\gamma_s$  fueron comparados con una estructura de borde de grano basada en un modelo de facetas. El modelo de

facetas consiste en describir la estructura del borde de grano como una sucesión de escalones caracterizados por los planos más densos y simétricos de la red de sitios de coincidencia. La energía relativa a  $-5$  es significativamente menor que para  $-18$ , sobretodo para las muestras  $\langle 0\ 0\ 0\ 1 \rangle / \varphi$ ; haciendo en muchos casos las variaciones indistinguibles entre sí para la técnica experimental utilizada. En las muestras  $\langle 1\ 1\ -2\ 0 \rangle / \varphi$  se observó que las formas del borde de grano en eran asimétricas en bicristales donde el plano basal era paralelo al borde de grano.

Los datos obtenidos en las diferentes experiencias proveen información de la naturaleza del borde de grano en hielo puro y superficie de hielo puro. Pueden ser utilizados en modelos de crecimiento de grano, difusión de contaminantes, interacción de burbujas con el borde de grano, etc., para un mejor entendimiento del clima pasado mediante la estructura de hielos permanentes.