

COOLING OF THE UPPER MANTLE AS ENERGY SOURCE OF CONVECTION

WALTER M. ELSASSER*

RESUMEN

En base a los efectos calóricos, no es posible distinguir el enfriamiento de una capa líquida desde arriba de su calentamiento desde abajo. Tal enfriamiento puede considerarse como la principal fuente de energía para la convección; le sigue de lejos la diferencia de densidad del material que penetra en la corteza desde el interior. La escasa profundidad del proceso puede explicarse en gran parte por la estratificación conocida: una litósfera dura y frágil sobre una astenósfera deformable pero relativamente delgada.

No puede haber un modelo enteramente satisfactorio de la convección en el manto superior, a menos que explique por qué los movimientos observados parecen concentrarse principalmente en el último 5% de la edad de la Tierra. Se conocen solamente dos efectos geofísicos que pueden originar procesos con duración del orden de 10^9 años: la conducción térmica y el decaimiento radioactivo. El modelo más sencillo sería aquel en que el manto está uniformemente caliente hasta la superficie. El "frío" penetra gradualmente a mayores profundidades, pero en la etapa inicial el proceso estaría parcialmente contrarrestado por el calentamiento radioactivo, suponiendo que su distribución fuera más uniforme que la actual. Si se agrega alguna hipótesis plausible sobre la distribución de agentes que reducen la viscosidad (H_2O , CO_2), se tiene un modelo que bastaría para explicar gran parte de lo que ahora se conoce.

ABSTRACT

For heat-induced effects, the cooling of a fluid layer at its top is formally indistinguishable from heating at the bottom. This cooling can be taken as the chief energy source of convection. The density difference of material rising into the crust is a weak second. The extreme shallowness of the pattern can largely be explained by the known layering: a hard and brittle lithosphere on top of a deformable but relatively thin asthenosphere.

* *Institute for Fluid Mechanics, College Park, Maryland.*

No model of upper-mantle convection is fully satisfactory unless it gives a hint of why the observed motions seem strongly confined to the last 5% of the earth's life. Only two geophysical effects are known that yield processes of the duration of gigayears: thermal conduction, and radioactive decay. The simplest model is one in which, to start with, the mantle was uniformly hot to the top. The "cold" penetrates gradually into depth, the process being slowed down in its earlier stages by radioactive heat, more uniformly distributed than now. This, together with a plausible hypothesis about the distribution of some viscosity-lowering compounds (H_2O , CO_2) seems to be enough to account for a great deal of what is known.