

Fibras de acero para el refuerzo del Shotcrete



Por: Ing. Juan Manuel Alvarado

El shotcrete es un material ampliamente utilizado en minería para el sostenimiento de túneles, el cual en combinación con los pernos de anclaje conforman un sistema de soporte que tiene como principal función evitar la caída de rocas y, por ende, salvaguardar la vida de los trabajadores durante el proceso de extracción de minerales. Este sistema de soporte es pasivo, puesto que acompaña las deformaciones generadas por la presión del macizo rocoso hasta alcanzar el equilibrio, que es el instante en que las fuerzas actuantes igualan las fuerzas resistentes proveídas por el sistema conformado por el shotcrete y los pernos de anclaje, por lo que es muy importante que el shotcrete tenga la suficiente capacidad de deformación (ductilidad) para evitar el colapso de la estructura.

Como es bien sabido, la principal cualidad del shotcrete es la resistencia a la compresión; sin embargo, es un material frágil debido a su baja capacidad de deformación, por lo que es necesario reforzarlo con otro material que le brinde la ductilidad necesaria

para soportar las deformaciones, ahí la principal función de las fibras: dotar de ductilidad al shotcrete.

El refuerzo del shotcrete

Hoy en día existen diversas alternativas para el refuerzo del shotcrete, entre ellas, las fibras representan una solución económica por sus ventajas operativas; no obstante, en el mercado existen fibras de distintas formas y materiales que hacen que su elección no sea tan fácil. En minería, los tipos de fibra más conocidos son las fibras de acero y las fibras de plástico (sintéticas), por lo que es importante conocer las propiedades mecánicas de cada material y sus capacidades frente a las condiciones reales en las que se aplica, para seleccionar las que más se adecúen a nuestras necesidades.

Una forma de medir la resistencia de los materiales es a través del módulo de elasticidad, en el caso del acero es 210 GPa, mientras que en el caso del plástico varía entre 3 a 10 GPa, por lo que se podría decir que el acero es casi veinte veces más resistente que el plástico; sin

embargo, no tendría sentido comparar ambos materiales si no se tiene como referencia un material base, que en nuestro caso es el shotcrete, el cual tiene como módulo de elasticidad 30 GPa. El principio básico para reforzar un material compuesto –como es el caso del shotcrete con fibras– es que el material de refuerzo (fibra) debe tener mayor módulo de elasticidad que el material que se quiere reforzar (shotcrete), de lo contrario no se obtendrá el efecto de refuerzo deseado.

Para comprender el comportamiento de los materiales de refuerzo en condiciones reales de carga, podemos utilizarla Ley de Hooke(1), puesto que relaciona el esfuerzo (σ) con el módulo de elasticidad (E), dando como resultado la deformación (ϵ). Si el esfuerzo es constante, la deformación variará en función del módulo de elasticidad, de tal forma que: a mayor módulo de elasticidad, menor deformación; y, a menor módulo de elasticidad, mayor deformación.

Ley de Hooke: $\sigma = E \cdot \epsilon$