

ALGUNOS MODELOS REOLÓGICOS

Un modelo reológico es una expresión matemática empírica que relaciona el esfuerzo cortante τ (shear stress) con la rapidez de deformación $\dot{\gamma}$ (shear rate). En este sentido, se puede decir que la ley de Newton de la viscosidad es el modelo reológico más simple.

Modelo de Bingham

Como su nombre lo indica, es el adecuado para describir el comportamiento de plásticos de Bingham (plásticos ideales). Tiene dos parámetros: el esfuerzo de cedencia (τ_0) y una viscosidad plástica (μ_0).

$$\begin{aligned} \tau &= -\mu_0 \dot{\gamma} \pm \tau_0 & \eta &= \mu_0 \mp \frac{\tau_0}{\dot{\gamma}} & \text{si } |\tau| > \tau_0 \\ \dot{\gamma} &= 0 & \eta &= \infty & \text{si } |\tau| \leq \tau_0 \end{aligned}$$

Para la primera ecuación, se toma el signo positivo si $\tau > 0$ y el signo negativo si $\tau < 0$.

Modelo de Ostwald – de Waele (ley de la potencia)

Este modelo sirve para el comportamiento de fluidos pseudoplásticos y dilatantes. Tiene dos parámetros: el índice de consistencia de flujo (K) y el índice de comportamiento de flujo (n).

$$\tau = -K |\dot{\gamma}|^{n-1} (\dot{\gamma}) \quad \eta = K |\dot{\gamma}|^{n-1}$$

Cuando $n < 1$ el modelo predice un comportamiento pseudoplástico, y cuando $n > 1$ da un comportamiento dilatante. Cuando $n = 1$, el modelo se reduce a la ley de Newton de la viscosidad con $\mu = K$.

Modelo de Carreau

Este modelo representa un fluido que a baja velocidad de deformación sigue la ley de Newton de la viscosidad, y a alta velocidad de deformación obedece la ley de la potencia.

$$\tau_{yx} = - \left\{ \mu_\infty + (\mu_0 - \mu_\infty) \left[1 + (\lambda \dot{\gamma})^2 \right]^{\frac{n-1}{2}} \right\} (\dot{\gamma}) \quad \eta = \mu_\infty + (\mu_0 - \mu_\infty) \left[1 + (\lambda \dot{\gamma})^2 \right]^{\frac{n-1}{2}}$$

donde μ_0 es la viscosidad aparente a baja velocidad de deformación (Pa·s), μ_∞ es la viscosidad aparente a alta velocidad de deformación (Pa·s), λ es un tiempo de relajación (s), y n es un índice de comportamiento.

Modelo de Maxwell

Éste es el modelo lineal más simple que describe el comportamiento de un fluido viscoelástico.

$$\tau + \lambda_1 \frac{\partial \tau}{\partial t} = -\eta_0 \dot{\gamma}$$

donde λ_1 es una constante llamada *tiempo de relajación* y η_0 se llama *viscosidad a rapidez de deformación cero*. Cuando esfuerzo varía muy lentamente, se puede ignorar el segundo término del lado izquierdo, y el fluido se comporta como newtoniano. Por otro lado, si el esfuerzo cambia rápidamente, se puede ignorar el primer término, integrar la ecuación, y se obtiene una ecuación para un sólido elástico (modelo de Hooke).