

TEMA 6: COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE LOS MATERIALES COMPUESTOS

6.1- Introducción

En este tema se analizan los siguientes aspectos:

- efecto de la longitud de la fibra en las propiedades mecánicas
- micromecánica de una lámina, es decir, su comportamiento mecánico en función de las propiedades de la matriz y del refuerzo.

6.2- Efecto de la longitud de la fibra

En un material compuesto la **transmisión de la carga** aplicada de la matriz a la fibra de refuerzo ocurre en la **interfase**. Las propiedades mecánicas del material compuesto dependen de esta transmisión del esfuerzo.

El aumento de la resistencia y la rigidez del material compuesto se producen para una **longitud de fibra crítica**:

- para una longitud de la fibra **inferior a la longitud crítica** prácticamente no se transmite el esfuerzo y el efecto de refuerzo de la fibra es insignificante. Este efecto es debido a que la carga máxima sólo se consigue en el centro del eje de la fibra..
- para una longitud de la fibra **superior a la longitud crítica** la transferencia de la carga aumenta y el refuerzo de la fibra es más importante.

Esta longitud crítica l_{crit} depende del diámetro d de la fibra, de la resistencia a la tracción σ_f y de la resistencia de la unión matriz-fibra (o resistencia a la cortadura de la matriz) τ_c :

$$l_c = \frac{\sigma_f d}{\tau_c}$$

6.3- Micromecánica de materiales de fibra larga

Se considera que las fibras están alineadas en la misma dirección y que la una fracción en volumen de fibras del material compuesto es V_f . Por lo tanto, la fracción en volumen de la matriz es:

$$V_m = 1 - V_f$$

i) Si la tensión de tracción se aplica en la **dirección de la fibra** (σ_{II}), la deformación de la matriz (ϵ_f) y de la fibra (ϵ_m) son iguales, por lo que la deformación en la dirección de la fibra (ϵ_{II}) viene dada por:

$$\epsilon_f = \epsilon_m = \epsilon_{II}$$

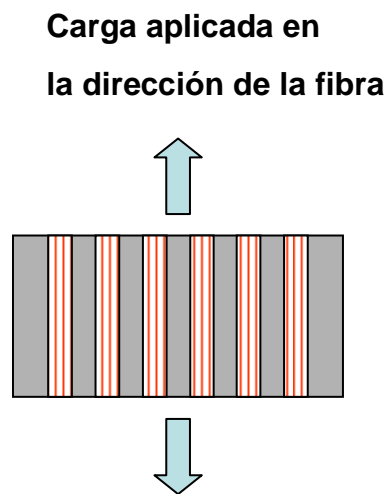


Figura 1

Para que el material esté en equilibrio se debe cumplir que la carga total aplicada sea igual a la suma de la carga soportada por la fibra (F_f) y la soportada por la matriz (F_m):

$$F_{II} = F_f + F_m$$

Teniendo en cuenta que la carga en cada fase es igual a la tensión por el área se tiene:

$$\sigma_{II} \cdot A = \sigma_f A_f + \sigma_m A_m$$

Siendo A_f y A_m , las áreas de las secciones transversales de la fibra y de la matriz, respectivamente. Además, σ_f y σ_m son las tensiones aplicadas sobre fibra y matriz, respectivamente.

$$\sigma_{II}A = \sigma_f A_f + \sigma_m A_m$$

Aplicando la ley de Hooke se obtiene:

$$E_{II}\epsilon_{II}A = E_f \epsilon_{II}A_f + E_m \epsilon_{II}A_m$$

siendo: el módulo del material compuesto en la dirección de la fibra: E_f y E_m . son el módulo de la matriz y de la fibra, respectivamente.

Finalmente, teniendo en cuenta que fracciones A_f/A y A_m/A representan las fracciones volumétricas de fibra y matriz, respectivamente, se obtiene la ecuación denominada **regla de las mezclas**:

$$E_1 = E_f V_f + E_m(1 - V_f)$$

ii) Si la tensión se aplica en **dirección perpendicular a la fibra**, fibra y matriz actúan en serie. En este caso, la tensión es la misma para la matriz y la fibra pero las deformaciones serán diferentes:

**Carga aplicada en
dirección perpendicular
a la fibra**

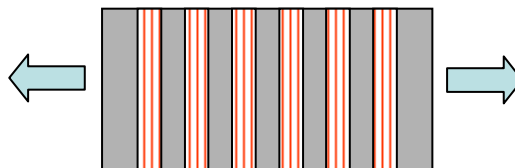


Figura 2

$$\epsilon_{\perp} = \epsilon_f V_f + \epsilon_m(1 - V_f)$$

$$\frac{\sigma}{E_{\perp}} = \frac{\sigma}{E_f} V_f + \frac{\sigma}{E_m}(1 - V_f)$$

$$\frac{1}{E_{\perp}} = \frac{1}{E_f} V_f + \frac{1}{E_m} (1 - V_f)$$

$$E_{\perp} = \frac{E_m E_f}{V_f E_m + V_m E_f}$$

Ecuación denominada **regla de las fases inversa**.

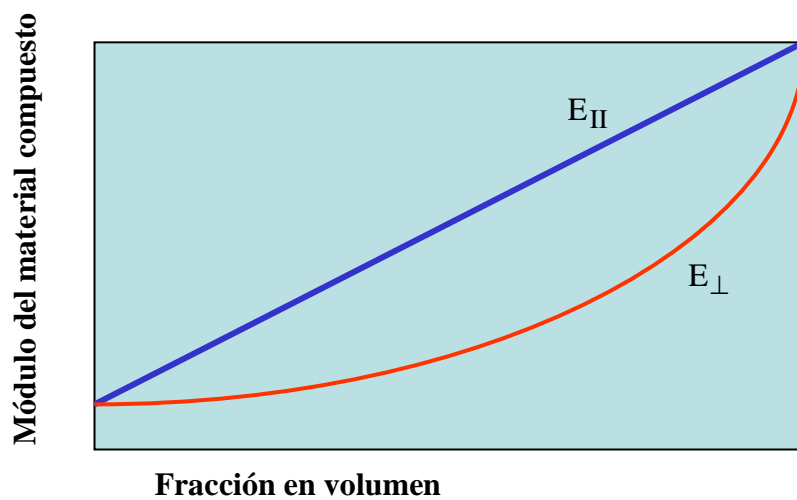


Figura 3

6.4- Micromecánica de materiales de fibra corta

En el caso de refuerzos de fibra cortas el módulo del material compuesto se calcula a través de la ecuación de Halpin-Tsai:

$$E = \frac{E_m (E_f + \xi (V_f E_f + V_m E_m))}{V_f E_m + V_m E_f + \xi E_m}$$

Siendo ξ un parámetro ajustable que depende de la eficacia del refuerzo.

La resistencia a la fractura se calcula:

$$\sigma_1^R = (l\tau_c V_f)/d + \sigma_m V_m$$

Donde l es la longitud de la fibra, d el diámetro y τ_c la resistencia a la cortadura de la matriz.