Chapitre 14 - Composites

EXERCICE 14-8

a) Module d'Young du composite

En utilisant l'équation 14.7, on obtient cette grandeur :

$$E_C = [(0,4 \times 70) + (0,6 \times 3,4)] = 30,04 \text{ GPa}$$

$$\boxed{E_C = 30 \text{ GPa}}$$

b) Forces sur la matrice et sur les fibres pour une contrainte de 60 MPa

En utilisant les équations 14.1 à 14.6, vous pouvez démontrer aisément que le rapport de la force F_f s'exerçant sur les fibres à celle F_m s'exerçant sur la matrice est égal à:

$$\frac{F_f}{F_m} = \frac{V_f E_f}{V_m E_m}$$

Ce qui, dans le cas présent, donne la valeur suivante : $\frac{F_f}{F_m} = \frac{V_f E_f}{V_m E_m} = \frac{0,4x70}{0,6x3,4} = 13,73$ (1)

Sur la section considérée, la force totale F_t qui s'y exerce est égale à la somme de la force F_m s'exerçant sur la matrice et de celle F_f s'exerçant sur les fibres :

$$F_t = \sigma S = F_m + F_f \qquad (2)$$

En tenant compte du résultat de l'équation (1) et des valeurs numériques données, on obtient ainsi :

$$F_t = \sigma S = \left(60x300x10^{-6}\right) = 18\text{kN} = F_m + 13,73F_m = 14,73F_m \qquad (3)$$

On en déduit la force F_m s'exerçant dans la matrice :

$$F_m = 18 \text{ kN}/14,73 = 1,22 \text{ kN}$$

$$\boxed{F_m = 1,22 \text{ kN}}$$

Pour sa part, la force F_f s'exerçant dans les fibres est égale à :

$$F_f = 13,73\, F_m = (F_t - F_m) = 16,78 \text{ kN}$$

$$\boxed{F_f = 16,78 \text{ kN}}$$

c) Déformation de la matrice et des fibres pour une contrainte de 60 MPa

Dans un composite à fibres continues alignées soumis à une force longitudinale, la déformation ε_f des fibres, celle ε_m de la matrice et celle ε_C du composite sont toutes égales. Il suffit donc de calculer, grâce à la loi de Hooke, la déformation ε_C du composite pour la contrainte considérée:

$$\varepsilon_C = \varepsilon_m = \varepsilon_f = \sigma/E_C = (60 \text{ MPa} / 30 \text{ GPa}) = 2x10^{-3} = 0,2 \%$$

$$\boxed{\varepsilon_m = 0,2 \%}$$

$$\boxed{\varepsilon_f = 0,2 \%}$$

d) Résistance à traction du composite

Il faut tout d'abord vérifier lequel du renfort ou de la matrice se rompt en premier en calculant leur allongement respectif à la rupture A_f et A_m :

$$A_f = (3 \text{ GPa} / 70 \text{ GPa}) = 4,29 \times 10^{-2} = 4,29 \%$$

$$A_m = (70 \text{ MPa}/3{,}4 \text{ GPa}) = 2{,}06 \times 10^{-2} = 2{,}06\ \%$$

Par conséquent, c'est la matrice qui se rompt en premier car $A_m < A_f$. En utilisant la règle des mélanges appliquée aux contraintes (équation 14.6 du livre), on en déduit la résistance à la traction du composite :

$$R_{mC} = (1 - V_f)R_{mm} + V_f\sigma_f$$

avec: $\sigma_f = E_f A_m = E_f(R_{mm}/E_m) = 70 \text{ GPa} \times 2{,}06 \times 10^{-2} = 1{,}442 \text{ GPa}$

Donc $R_{mC} = (0{,}6 \times 70) + (0{,}4 \times 1\,442) \text{ MPa} = 618{,}8 \text{ MPa} \approx 619 \text{ MPa}$

$$\boxed{R_{mC} = 619 \text{ MPa}}$$